Ⅷ　水稲移植栽培技術

1　土壌管理と施肥技術

⑴　耕起から移植までの土壌管理

移植までの主な土壌管理作業は、耕起、砕土、代かきである。これら作業により土壌の膨軟化、肥料混和、有機物のすき込み、圃場均平、透水性の制御などが図られるが、目的は、移植、活着およびその後の養水分供給が円滑に行われうる土壌環境を整えることにある。

1)　適正な作土の厚さ

水稲の根は水田の作土層にその約90％が分布し（表Ⅷ－１）、生育に必要な養水分の多くをそこから吸収している。したがって、健全な水稲生育のための必要な養分を保持し、それを適時に供給できる作土層を作ることが重要である。

表Ⅷ－１　水稲根の土壌深さ別分布

土壌深さ（cm）	根の重量（g/株）（分布割合（％））		
	幼形期	出穂期	成熟期
0－10	2.12（68）	5.31（75）	3.29（71）
10－20	0.73（24）	1.41（20）	0.97（21）
20－	0.25（８）	0.34（５）	0.37（８）

（森 1959）

「七回耕起は肥いらず」、「耕土一寸、玄米一石」などと言われるように、作土層を厚くすることの重要性は古くから認識されており、生産性の高い水田では作土層が厚く下層も肥沃である例が多い。しかし、作土層を厚くすることが収量、特に品質の向上と結びつかない場合も多く、必ずしもプラスの効果をもたらすとは限らない。

例えば、秋落ち傾向の水田や稲わらすき込み田においては、作土層の厚い（作土層を拡大する）ことは生産性向上、わら障害軽減に有効になる場合が多いが、初期生育不良水田や下層の窒素肥沃度が高い泥炭土水田においては、作土層の厚いことは出来遅れによる品質低下を招く場合がある。言い換えれば、窒素肥沃度が高い泥炭土水田においては、作土層を薄くする（作土層を制限する）ことで、土壌由来の窒素吸収を抑制し、品質向上（産米の低蛋白化）の可能性があるということである。表Ⅷ－２に耕起､代かき深さを浅くした場合の水稲の窒素吸収量、収量、タンパク含有率を示した。作土層を薄く（耕起・代かき深さを浅く）することで蛋白は低下し、また、処理を継続することでより効果が高まる傾向が見られた。この効果をもたらした要因は、作土層の薄いことよる窒素吸収量の減少に加え、全層施肥の混和深が浅くなることによる肥料濃度の上昇とそれに伴う初期生育の向上によると考えられた。ただし、グライ土では処理による窒素吸収量の減少に伴い収量が低下している点に注意が必要である。また、作土層の深さは、耕起・代かきや移植時の作業性にも影響を及ぼす。このように、「適正」な作土層の厚さは、土壌条件や肥培管理、さらには目標とする収量、品質などにより異なるので、個々の水田においては、それら条件を総合的に判断して決めることが大切である。

なお、水稲は下層土からも養分を吸収しており、窒素については総吸収量の10～30％に達する。この割合は泥炭土水田で高く､また下層土からの吸収は幼穂形成期以降に旺盛となるため、良食味米（低蛋白米）生産の観点からは下層土からの窒素吸収量の制限が重要である。これに関しては、作土層下に砂質客土材を埋設し、下層土からの窒素吸収を制限するする土層改良法

が示されている（表Ⅷ－3）。

表Ⅷ－２　耕起・代かきの深さが水稲の収量、タンパク質含有率に及ぼす影響（中央農試 2002）

耕起・代かき深さ（継続年数）	泥炭土			グライ土		
	窒素吸収量（kg/10a）	玄米収量（kg/10a）	精米タンパク質含有率（%）	窒素吸収量（kg/10a）	玄米収量（kg/10a）	精米タンパク質含有率（%）
13cm	11.5	461	8.4	10.6	463	7.3
8 cm（１年）	11.1	467	8.2	9.4	431	6.9
8 cm（２年）	10.5	446	7.7	9.2	419	6.9
8 cm（３年）	10.5	463	7.6	8.5	386	6.9

窒素施肥量は処理区平均で８kg/10a（全層4kg/10a、側条4kg/10a）

表Ⅷ－３　砂質客土埋設工法の施工条件（中央農試 2008）

項目	施工条件
適用圃場	精米タンパク質含有率が高まる傾向にある泥炭土水田
施工方法	表土を削剥して基盤整地を行い砂質客土材を敷き均して表土を戻す
客土材埋設深	25cmを標準
客土厚さ	５～10cm（埋設後５cm以上を確保する）
客土材	国際法土性でSL、LS、S 粒径30mm以上の礫含有率が5％未満 粗粒火山性土を使用し、川砂は使用しない 交換性ニッケル含量1.5mg/kg未満 全イオウ含有率0.05％未満

2)　耕起法と土壌への影響

水稲作における耕起法は、ロータリー耕（攪拌耕）とプラウ耕（反転耕）であるが、これらによる耕起は耕起深の違いだけではなく窒素肥沃度および肥効発現（表Ⅷ－４）を通じて水稲生育にも特徴的な影響を及ぼす。

表Ⅷ－４　　耕起法と作土深別窒素肥沃度

耕起法	深さ（cm）	培養生成窒素	
		30℃	40℃
プラウ耕	0－5	3.7	8.7
	5－10	6.0	11.8
	10－15	6.3	11.6
ロータリー耕	0－5	9.8	16.3
	5－10	5.8	11.4
	10－15	3.8	6.3

（昭49刊、ニューカントリー臨時増刊、米づくりのすべてより引用）

ア　ロータリー耕

耕起深は15cm程度までで、耕起後の土塊は比較的小さい。プラウ耕に比べて耕起後の土壌の偏りは少ないが、肥沃度は上部ほど高い傾向にあり、また、土塊が小さいため、乾燥が進んだ場合には土壌窒素発現が速く、かつ多くなる特徴がある。有機物をすき込む際には作土（耕起深）全体に混合されるため、稲わらすき込みの場合、耕起深が浅いと湛水後の土壌還元が強く推移し、水稲生育に障害をもたらすことがある。

イ　プラウ耕

耕起深は18～20cm以上で、耕起後の土塊は大きく、土壌の偏りも大きいため、通常は砕土作業の併用が不可欠である。反転耕となるため、肥沃度の劣る作土下部が表層に移動し、また土塊が大きく、乾燥も進まないため土壌窒素の発現はロータリー耕に比べて遅い特徴が

ある。有機物をすき込む時には作土下層部に入るため、湛水後の土壌還元は比較的弱く推移する。

なお、土層の反転を伴わないチゼルプラウが一般化している。チゼルプラウは、有機物の下層へのすき込みには不向きであるが、反転耕による鋤き床や土塊表面の圧密、練り返しがなく、また作業性（作業時間）に優れる特徴がある。

3) 耕起と土壌水分

耕起時の土壌水分は､作業効率や作業精度のみならず圃場の透水性にも大きな影響を及ぼす。特に、過湿条件下での作業は透水性を著しく悪化させる。これは、トラクターの踏圧による圧密層の形成、練り返しが原因で、粘質土壌で起こりやすい。

透排水性の悪化を回避するには、できるだけ圃場が乾いている条件で作業を行うことが必要であり、同時に作業効率、精度も高くなる。土壌水分としては塑性限界よりやや低い程度（30％以下)、土を握っても手に付着せず、土塊を打ちつけると容易に砕ける状態が目安となる。

4) 基肥の施用・混和時期と肥効

全層に施肥された窒素の水稲による吸収利用効率、肥効発現推移は、施用・混和時期により異なる（表Ⅷ－５)。最終的な利用効率は、高い順に、耕起前＝耕起後＞砕土後＞代かき前となるが、生育初期における肥効は、代かき前＝砕土後＞耕起後＞耕起前の順で、また、肥効の持続性では、耕起前＞耕起後＞砕土後＝代かき前の順となる。

このような肥効の差異は、混和深による肥料濃度の違いによるものが大きい。例えば耕起前施用の肥料混和深は耕起深と同じであるが、耕起後施用の混和深は一般的に耕起深より浅いため、肥料濃度は耕起前より耕起後施用で高く、このことが初期生育における肥効の違いとして現れる。砕土後あるいは代かき前施用では、肥料の大部分が作土層上部に分布するため、肥料濃度が高く生育初期の肥効は高いが、代かき落水時における流出、脱窒などによる損失が多いため、利用効率は低くなる。

表Ⅷ－５基肥施用・混和時期と吸収窒素利用効率

施用・混和時期	利用効率（％）	窒素吸収量（kg/10a）
耕起前	47	9.5
耕起後	48	9.6
砕土後	33	8.2
代かき前	23	7.3

（昭52刊、農業技術普及協会、北海道の稲作技術より引用）

5) 入水・代かき

代かきは田面の均平化や漏水の防止を図るとともに土塊を砕き、移植や活着が良好に行えるよう土壌条件を整える作業であるが、同時に、土壌構造や透水性の変化、土壌窒素の無機化などを通じて、水稲の生育にも影響を及ぼしている。

代かき程度が強の場合は、土壌構造が破壊され泥状となるため、土壌窒素の無機化が促進される。しかし、透水性が低下するとともに、土壌還元が比較的進みやすく、根圏環境は悪化の傾向を示す。一方、代かき程度が中～弱の場合は、土壌構造が維持されるため土壌窒素の発現は緩慢であるが、土壌構造の内部には肥料は混和されないので結果として肥料濃度が高まる。また、透水性が高いため土壌還元が進みづらく、また地温も上昇しやすいため、根の活性が高く維持される。さらに、落水が容易であるため、中干しの効果が発現しやすいなど、水稲の生

育にとって好都合な場合が多い。

強度の代かきによる透水性の低下や、土壌還元の進行による悪影響を回避するためには、入水前に砕土や均平作業を十分に行い、代かきは軽く済ませることが大切である。なお、代かきのための入水は、施肥窒素の硝酸化成、およびそれによる入水後の溶脱、脱窒による損失を防ぐため、肥料混和後速やかに行うことが重要である。

⑵ 施肥技術

施肥とは、目標とする収量・品質の農産物を得るため、作物に対して必要養分を補給することであり、そのために、「どのくらいの量を（施肥量）」、「どの時期に（施肥時期）」、「どのように（施肥法）」与えるべきかを示すのが施肥技術である。近年の施肥技術に対しては、環境保全および省資源に配慮することも求められており、作物の養分吸収特性のみならず、土壌および有機物からの養分供給特性に基づいた、より合理的な施肥技術の実行が望まれる。以下には、生育、収量、品質に最も大きな影響を及ぼす要素である窒素に加え、リン酸、カリ、苦土およびケイ酸の施肥技術について概述する。

1) 窒素施肥について

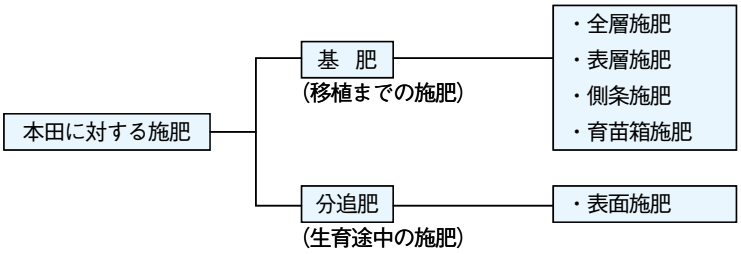
各時期における稲体の窒素診断指標値が示されており（表Ⅷ－６）、施肥量、施肥時期、施肥法によって、それに沿うように窒素を供給するのが窒素の施肥技術である。

表Ⅷ－６　各時期の稲体窒素診断指標値（茎葉部）（北海道施肥ガイド2010）

	分げつ期	幼形期	止葉期	出穂期	成熟期
含有率％	3.5～4.1	3.0～3.8	1.8～2.6	1.4～1.6	0.6～0.8
吸収量kg/10a	＊	＊	＊	8～9	10～11

ア　施肥法および施肥時期

北海道における施肥法は、施肥時期および施肥位置により概ね図Ⅷ－１のように整理されるが、施肥時期としては、初期生育確保が重要であるため基肥に重点が置かれ、追肥が実施される場合は限られる。



図Ⅷ－１　本田に対する施肥法

ア）基肥の施肥法

基肥の施肥法には、本田における施肥位置の違いによるもの（全層施肥、表層施肥、側条施肥など）と、本田への持ち込み方法が特殊な育苗箱施肥がある。現在、生産現場で行われている施肥法は、全層施肥および全層施肥と側条施肥の組み合わせ施肥がほとんどである。

a　全層施肥

全層施肥は、耕起層（作土層）全体に肥料を混和するもので、基肥として最も基本的な施肥法である。先に述べた、肥料の施用・混和時期、代かき強度の影響を受けるものの、

基本的には肥料が作土層に均等に分布するため、後述する側条施肥に比べて生育初期の窒素供給は緩慢であるが、肥効が持続する特徴がある。また、耕起層（肥料の混和層）が厚いほどこの傾向が強く現れる。施肥窒素利用率は40％程度とされる。

肥沃度が低く初期生育の良好な圃場における適合性は高いが、初期生育不良で秋優り的な生育をする圃場や、耕起層が厚い圃場では、初期の窒素吸収不足を補うため側条施肥（あるいは表層施肥）との組み合わせが望ましい。

b　側条施肥

粒状化成（またはペースト化成）を移植と同時に稲株の横3cm、深さ3～5cm部位に作条に施肥する施肥法であり、移植機に側条施肥機構があることを前提とする。この施肥法の特徴は、根の近傍に肥料が高濃度で存在するため、初期生育促進効果が非常に高く、施肥窒素の利用率も45％程度と全層施肥より高い点にある。ただし、肥効の持続に劣り、生育中期以降は肥切れを起こす場合もあるため、基肥として側条施肥が単独で用いられる場面は限られ、全層施肥との組み合わせが基本である。

なお、この施肥法は代かき時の養分流出が発生しないことなどから、水質保全効果が高いので、環境保全の観点からも積極的な導入が望ましい。また、従来は側条施肥には不向きとされたBB肥料であるが、粒径を揃えるなど工夫された新たなBB肥料（水稲側条用BB肥料）は、化成肥料と同等に使用できる（2009年、中央農試）。BB肥料はコスト低減を可能とする肥料であり、今後の使用拡大が見込まれる。

表Ⅷ－７に土壌タイプ別（窒素肥沃度や水稲生育の特徴別）に適当な施肥法、全層施肥と側条施肥の比率を示した。

表Ⅷ－７　土壌タイプと施肥法

土壌区分	窒素肥沃度、水稲生育など	適当な施肥法	全層、側条の比率
沖積土（乾田）	肥沃度・・・・・低い傾向 初期生育・・・・良好	全層施肥、全層・側条施肥の組み合わせ	全層＞側条
沖積土（湿田）	肥沃度・・・・・高い傾向 初期生育不良、秋優り型生育	全層・側条施肥の組み合わせ	側条≧全層
泥炭土	肥沃度・・・・・高い 秋優り型生育	全層・側条施肥の組み合わせ	側条＞全層
火山性土	肥沃度・・・・・低い 保肥力・・・・・小	全層施肥、全層・側条施肥の組み合わせ、分・追肥	側条＝全層
洪積土	肥沃度・・・・・中～低 物理性・・・・・不良	全層・側条施肥の組み合わせ	側条≧全層

注）地帯区分では不安定地帯ほど側条施肥比率を高くする。

初期生育が良好で生育中期以降肥切れの可能性がある土壌（褐色低地土など）では全層施肥の比率を高くし、初期生育が不良ないし生育中･後期の土壌窒素供給量の多い土壌（グライ土、泥炭土など）では側条施肥の比率を高くすることが望ましい。また、地帯区分では、生育不安定地帯ほど側条施肥比率を高くする。なお、北海道施肥ガイド2010では、全層・側条の組み合わせ施肥を実施する場合の窒素施肥は、地帯、土壌によらず側条施肥を3.0～4.0kg/10a程度とするとともに、総窒素施肥量を全層施肥のみの場合から0.5kg/10a減

肥するとされている（表Ⅷ－10脚注参照）。そうすることで土壌別の窒素施肥標準量の多少と相まって、おおよそ先に述べた比率に当てはまる。

c　表層施肥

入水、荒代かきの後に肥料を表面散布し、その後軽く代かきを行うことで作土表層部（0～5cm）に施肥を行うものである。初期生育促進効果があるが、作業が繁雑であり、肥効が生育初期の気温に左右され安定しないこと、また、田面水への養分溶出、脱窒等で施肥窒素の利用率が低いなどの短所がある。

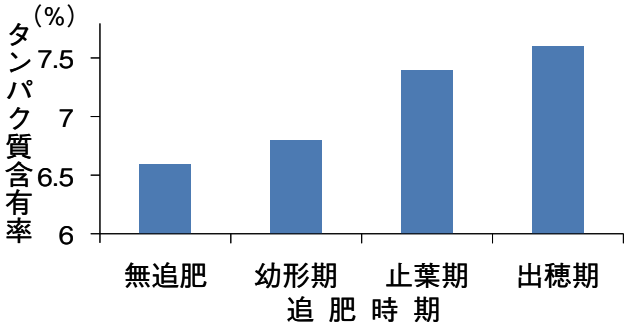
d　育苗箱施肥

育苗箱施肥は、緩効性肥料を播種時に育苗箱内に施肥し、育苗後移植と同時に育苗箱内肥料で本田施肥を行うものである。水稲根のごく近傍に肥料があるため施肥窒素利用効率が高く、減化学肥料栽培への活用も可能な施肥法といえる。肥料の溶出期間のコントロールにより育苗箱全量施肥も可能であるが、道内においては他の施肥法との組み合わせを基本として活用される。

イ）分追肥法

分追肥とは生育途中における施肥をいい、主な分追肥時期は幼穂形成期、幼穂形成期1週間後、止葉期などである。幼穂形成期から幼穂形成期後1週間にかけての窒素施肥は収量構成要素（穂数、一穂籾数、総籾数）に、止葉期以降では登熟歩合、千粒重に作用し、それらの変化を通して収量、品質に影響を及ぼす。しかし、現状においては、窒素肥沃度がかなり低い圃場や、砂質土壌など肥料持ちの悪い圃場を除いては、分追肥が実施される場面は少なく、止葉期以降の施肥については実施を控えることが望ましい。その理由は、幼穂形成期から同1週間後の施肥は、低温年においては不稔増加、登熟歩合低下の危険性があり、また止葉期以降の施肥は、米粒中のタンパク質含有率を高め（図Ⅷ－２）食味を低下させるなど、追肥が収量、品質の向上をもたらさない場合も多いためである。

表Ⅷ－８に「北海道施肥ガイド2010」に示される窒素分追肥対応を示した。作期中の土壌窒素診断を前提とするとともに、生育、気象条件、過去の実績等を考慮して慎重に対応することが必要である。



図Ⅷ－２　分追肥とタンパク質含有率

（上川農試 1996）

表Ⅷ－８　本田における窒素分追肥対応（北海道施肥ガイド2010、一部改）

土壌区分	幼穂形成期前（６月５半旬～７月１半旬）の診断基準値（NH_4－Nmg/100g乾土）			移植後（６月初旬）の診断基準値（NH_4－Nmg/100g乾土）		
	良地帯	普通地帯	不安定地帯	良地帯	普通地帯	不安定地帯
低地土(乾)	3.0	2.5	2.0	4.5	4.0	3.5
低地土(湿)	2.5	2.0	1.5	4.0	3.5	3.0
泥炭土	2.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0
火山性土	3.5	3.0	2.5	5.0	4.5	4.0
台地土	2.5	2.0	1.5	3.0	3.0	2.5

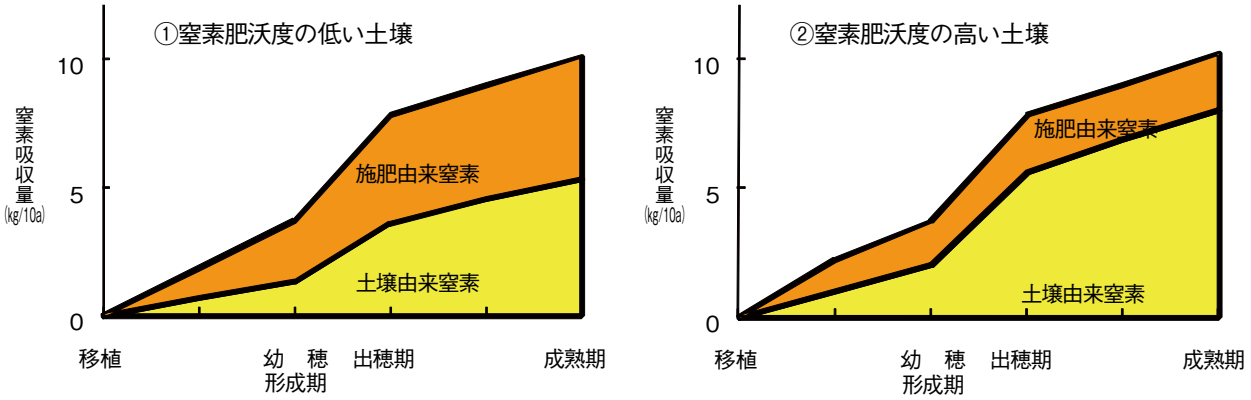
注１　分析値が表の数値より低い場合に分追肥対応を行う。なお、移植後（６月初旬）の診断では、その後の生育が順調な時のみ分追肥対応を行う。
注２　分追肥を実施する際の窒素施肥量：２kg/10a
注３　施肥時期：幼穂形成期から幼穂形成期後１週間
注４　土壌採取法、分析法は「低蛋白米生産をめざした水田土壌窒素診断の手引き」を参照する。
注５　地帯区分は、「北海道施肥ガイド2010」を参照する。

イ　窒素施肥量の適正化

水稲によって吸収された窒素の70％程度は米粒中で蛋白として集積する。そのため、水稲の生育にとって過剰な窒素吸収はタンパク質含有率を高め、食味を低下させる。適正な窒素吸収量は、９（低収地帯）～11（高収地帯）kg/10a程度である。水稲の吸収する窒素は大きく土壌由来と肥料由来に分けられるが、泥炭土や稲わらを連用した水田など土壌の窒素供給量が大きい場合には、それに対応して窒素施肥量を少なくし、逆に土壌窒素供給量が小さい場合には、その分、施肥量を多くする必要がある（図Ⅷ－３）。

ただし、窒素施肥量を単純に少なくすれば低蛋白が実現できるわけではない。窒素施肥量が少なすぎると、初期生育が悪くなり十分な収量が得られず、かえって高蛋白化する場合がある。これを避けるには、全層施肥で施用していた窒素の一部を側条施肥に置き換えることで対応する。側条施肥を導入する、あるいは側条施肥割合を高めることで初期生育を促進するとともに施肥量を低減することが可能となり、収量を落とさずに低蛋白をねらうことができる。

いずれにしても窒素施肥量を決めるにあたっては、多すぎず少なすぎない量を見極めることが大切で、過去の生育、収量、タンパク質含有率の実績を十分に考慮することはいうまでもない。以下には、「北海道施肥ガイド2010」の適正窒素施肥量の設定方法についてその概要を示す。なお、窒素施肥量の適正化のための窒素減肥は基本的に全層施肥部分から行い、減肥後の窒素施肥量（全層施肥と側条施肥の総量）は初期生育を確保するため４kg/10aを下限とする。窒素施肥量の適正化の詳細については「北海道施肥ガイド2010」を参考にされたい。



図Ⅷ－３　土壌の窒素肥沃度に対応した水稲窒素吸収量の差異

（低蛋白米生産をめざした水田土壌窒素診断の手引き 1998年）

ア）施肥標準量

窒素の施肥標準は、中庸な地力水準において全量全層施肥により精米タンパク質含有率7.0％以下の安定生産を目標とした場合の、地帯区分および土壌区分別の基準収量（表Ⅷ－９）と、各基準収量に対応する土壌区分別の施肥標準量（表Ⅷ－10）を示したものである。施肥標準量の算定にあたっては、まず表Ⅷ－９において対象とする地帯区分・土壌区分の基準収量を確認の上、表Ⅷ－10において基準収量に対応する施肥標準量を求める。基準収量が対象とする圃場の収量と乖離している場合は、窒素施肥量を±0.5kg/10a（収量で±30kg/10a相当）の範囲内で増減する。

イ）土壌窒素診断に基づく施肥対応

土壌窒素診断に基づく基肥窒素施肥対応では、窒素肥沃度を湛水培養窒素（風乾土を40℃で1週間湛水培養して生成したアンモニア態窒素量を測定）で評価し、窒素肥沃度水準に応じて施肥標準量から＋0.5～－1.0kg/10aの範囲で増減する（表Ⅷ－11）。算出される窒素施肥量は、全量全層施肥により精米タンパク質含有率7.0％以下の安定生産を行うための値であり、精米タンパク質含有率6.5％以下を目標とする場合は、基本技術（側条施肥、健苗育成、適期移植、栽植密度向上、水地温上昇対策、登熟中後期の土壌水分確保など）が実行されることを前提に、全層施肥部分からさらに0.5kg/10aの窒素減肥を行う。

湛水培養窒素は土に含まれる有機態の窒素のうち、短期間で無機化するものを評価しており、わらなどの有機物を長期間すき込むと増加し、逆に有機物を長期間施用しないと低下するが、短期的な変化は小さい。診断のための土壌の採取時期は分析にかかる時間を考慮すると、収穫後から積雪前までが望ましく、融雪後土壌が乾燥し始めると乾土効果として発現する窒素の一部が分析値に反映されるので、土壌採取時期として適切ではない。

表Ⅷ－９　地帯別・土壌別基準収量（北海道施肥ガイド2010）

地帯区分	地帯名	基準収量（kg/10a）				
		低地土（乾）	低地土（湿）	泥炭土	火山性土	台地土
1	檜山・渡島南部および伊達市周辺	480	480	480	450	450
2	内浦湾・胆振沿海および石狩の一部	480	480	480	450	450
	（黒松内町）	420	420	420	390	390
3A	羊蹄山麓	510	510	510	480	480
3B	豊浦および南羊蹄	450	450	450	420	420
4	日高	480	480	480	450	480
5	檜山北部および後志日本海沿海	510	510	510	480	480
6	石狩沿海および留萌南部	510	510	510	480	480
7A	石狩北部および空知中南部	540	540	540	510	510
7B	石狩および空知南部	510	510	510	480	480
8A	空知中西部および北部	570	570	570	540	540
8B	空知東部山麓および夕張	540	540	540	510	510
	（夕張市）	480	480	480	450	450
9A	上川中央部	570	570	570	540	540
9B	上川中北部および富良野	540	540	540	510	510
9C	富良野南部および日高山麓	480	480	480	450	450
10A	空知最北部および上川北部	510	510	510	480	480
10B	上川北部	480	480	480	450	450
11	留萌北部・上川北部の一部	510	510	510	480	480
13	北見内陸	420	420	420	420	420
14	北見東部沿海	420	420	420	420	420
16	十勝中央部	420	420	420	420	420

注1　基準収量は、過去10年（平成11～20年（冷害年（平成15年）を除く）の統計収量に基づいて設定した。

表Ⅷ－10　基準収量に応じた窒素施肥標準量（北海道施肥ガイド2010）

基準収量（kg/10a）	全量全層施肥における窒素施肥量（kg/10a）				
	低地土（乾）	低地土（湿）	泥炭土	火山性土	台地土
390				7.0	6.0
420	7.0	6.5	5.0	7.5	6.5
450	7.5	7.0	5.5	8.0	7.0
480	8.0	7.5	6.0	8.5	7.5
510	8.5	8.0	6.5	9.0	8.0
540	9.0	8.5	7.0	9.5	8.5
570	9.5	9.0	7.5		

注１　各地帯区分・土壌区分の基準収量に応じ、施肥量を算定する。

注２　実際の各圃場の収量水準に応じ、窒素施肥量を±0.5kg/10aの範囲で増減する。

注３　全層・側条組合せ施肥を実施する場合の窒素施肥は、側条施肥を3.0～4.0kg/10a程度とし、総窒素施肥量を表の値から0.5kg/10a減肥する。

表Ⅷ－11　土壌窒素肥沃度水準による窒素施肥対応（一部）（北海道施肥ガイド2010から抜粋）

地帯区分	地帯名	土壌区分	施肥標準に対する施肥窒素増減量（kg/10a）			
			+0.5	0	－0.5	－1.0
			窒素肥沃度水準の区分（mg/100g）			
			低	中位	やや高	高
7B	石狩および空知南部	低地土（乾）	～8.0	～12.0	～14.0	14.0～
		低地土（湿）	～7.0	～14.0	～16.0	16.0～
		泥炭土	～6.0	～13.5	～16.0	16.0～
		火山性土	～9.5	～13.0	～15.0	15.0～
		台地土	～3.0	～9.0	～11.5	11.5～

注１　窒素肥沃度：可給態窒素量（40℃ １週間湛水培養法）
注２　窒素減肥は、全層施肥部分から行う。
注３　精米タンパク質含有率6.5％以下を目標とする場合は、基本技術（側条施肥、健苗育成、適期移植、栽植密度向上、水地温上昇対策、登熟中後期の土壌水分確保など）が実行されることを前提に、全層施肥部分からさらに0.5kg/10aの窒素減肥を行う。

ウ）有機物施用に伴う施肥対応

有機質肥料を用いた場合はもちろんのこと、堆肥などの有機物を施用した場合（地力維持を目的とした１t/10a程度の堆肥施用を含む）にも、有機物の種類および連用年数に応じて減肥する（表Ⅷ－12）。なお、有機物の長期連用は土壌の窒素肥沃度を高め、湛水培養窒素分析値に反映される。そのため、土壌診断に基づく基肥窒素施肥対応（表Ⅷ－11）を行う場合は、有機物連用効果の重複評価を避けるため、堆肥・稲わらを5年以上連用している場合でも単年度施用の減肥可能量を用いる。

表Ⅷ－12　有機物施用に対応した窒素、カリの減肥量（北海道施肥ガイド2010から抜粋）

有機物の種類（標準的な施用量）	連用年数	窒素減肥量（kg/10a）	カリ減肥量（kg/10a）
稲わら堆肥（現物１t/10a）	１～４ ５～９ 10～	1 1.5 2	2
家畜糞堆肥（現物１t/10a）	１～４ ５～	1.5 2	4
稲わら直接鋤込（400～600kg乾物/10a）	１～４ ５～９ 10～	0～0.5 1 2	4

注１　窒素肥沃度による施肥対応を行う場合は、堆肥・稲わらを５年以上連用している場合でも単年度施用の減肥可能量を用いる（連用効果の重複評価を避けるため）。

エ）乾土効果の評価

乾土効果とは、湛水前（前年秋期および当年融雪後）に土壌が乾燥することにより、湛水後の土壌無機態窒素の発現が増加する現象で、気象データ（降水量、気温）から発現量を推定することができる（表Ⅷ－13）。

表Ⅷ－13　乾土効果に対応した窒素の減肥量（北海道施肥ガイド2010）

圃場の乾湿の程度	風乾土40℃－1週間培養窒素量（mg/100g）		
	10未満	10～14	14以上
著しく乾燥（水熱係数０～２）	0.5	1.0	1.5
乾燥　　（水熱係数２～３）	0.5	0.5	1.0
やや乾燥　（水熱係数３～４）	0.0	0.5	0.5
平年並～湿（水熱係数４～　）	0.0	0.0	0.0

注１　前年秋期（９/１～10/31）および当年融雪後（４/11～５/10）に、平年よりも土壌が乾燥している場合に適用する。

注２　水熱係数は以下の式から算出する。水熱係数=10×Σ Pr/ΣT10、Σ Pr：前年秋期および当年融雪後の、積算降水量（mm）、Σ T10：前年秋期および当年融雪後の、日平均気温10℃以上の日の積算気温。

注３　窒素施肥は全層部分から行う。なお、減肥後の施肥窒素量は初期生育を確保するため、４kg/10aを下限とする。

2)　リン酸施肥について

リン酸は、寒冷地では初期生育促進を通じて水稲の安定生産に大きく寄与する重要な要素である。そのため道内ではリン酸施肥を重視し、リン酸肥沃度の低い圃場ではリン酸資材も併用することで土壌のリン酸肥沃度向上を図ってきた。その結果、現在は９割以上の水田で土壌診断基準値（10～20mg/100g）を上回っており、リン酸は蓄積している状況にある（2010年、中央農試他）。リン酸の施肥標準は、地帯、土壌によらず一律８kg/10a（北海道施肥ガイド2010）であるが、施肥コストの低減のためからも、土壌診断を活用したリン酸施肥量の適正化が望まれる（表Ⅷ－14）。

なお、リン酸肥料は根の近傍にあることで利用効率が高まるため、側条施肥による施用が望ましく、全層･側条の組み合わせ施肥の際には、側条施肥でリン酸が多く入るように肥料銘柄（肥料成分割合）を選択する。なお、減肥する際には基本的に全層施肥部分から減肥する。

表Ⅷ－14　リン酸肥沃度に対応したリン酸施肥量
（北海道施肥ガイド2010）

有効態リン酸含量（P_2O_5mg/100g）	施肥量（P_2O_5kg/10a）
～　5	16
5　～　10	12
10　～　20	8
20　～　30	6
30　～	4

注１　分析法はブレイNo.２法（１:10）による

注２　施肥量は、「ようりん」などリン酸質資材を含む施用量

注３　側条施肥の実施時において、リン酸減肥を行う場合は基本的に全層施肥部分から減肥する

3)　カリ施肥について

カリは、水稲の光合成や炭水化物の蓄積、吸収窒素のタンパク質合成などに関わっており、不足すると茎稈部の軟弱化、登熟不良となる。現在、道内水田の交換性カリ含量の平均値は28mg/100gで、土壌診断基準値（15～30mg/100g）の範囲内にあるが、基準値未満の圃場が１割程度、

表Ⅷ－15　カリ肥沃度に対応したカリ施肥量
（北海道施肥ガイド2010）

交換性カリ含量（K_2Omg/100g）	施肥量（K_2Okg/10a）
～　7.5	14
7.5　～　15	11
15　～　30	8
30　～	5

基準値以上が３～４割で、過不足の両方が見られる。カリの施肥標準は、地帯、土壌によらず一律8kg/10aであるが､土壌診断を活用したカリ施肥量の適正化が望まれる（表Ⅷ－15)。また、たい肥等の有機物を施用した際には、それに伴う減肥対応が必要である（表Ⅷ－12)。

4) 苦土施肥について

苦土は葉緑素の主要構成要素であり、作物体において多くの酵素を活性化するなどの役割を担っている。道内水田の交換性苦土含量の平均値は54mg/100gで、８割程度の圃場が土壌診断基準値（25mg/100g以上）の範囲内にあるが、苦土の適正施肥量は交換性苦土25mg/100g未満で１～２kg/10a、25mg/100g以上で無施用であるため、現状において苦土施肥の必要性の高い水田はそう多くない。

5) ケイ酸施肥について

水稲は他の作物に比べてケイ酸吸収量が著しく多く､「ケイ酸植物」とよばれている。吸収されたケイ酸は組織に多量に蓄積し､それによる形態､生理機能の変化が各種ストレス耐性（耐病性、耐倒伏性など）や、群落としての乾物生産能力を高め、収量、食味向上（低蛋白化）に有効に作用している。

良食味米の安定生産のためには、成熟期における茎葉のケイ酸含有率は少なくとも10％以上（栄養診断指標値は13％以上）であり、この水準を確保するための土壌の可給態ケイ酸含有量は少なくとも10mg/100g以上（土壌診断基準値は16mg/100g以上）である。これに対して、道内水田の可給態ケイ酸含有量の平均値は10.8mg/100gで、土壌診断基準値未満の圃場が９割程度も存在する。表Ⅷ－16にケイ酸肥沃度に対応した資材施用量を示した。可給態ケイ酸の土壌分析値がない場合は、グライ土、泥炭土で150～180kg/10a､灰色低地土、火山性土、台地土で120～150kg/10a、褐色低地土で90～120kg/10aがケイカル施用量の目安となる。

ケイ酸の施用法は融雪剤を兼ねた雪上散布や耕起前散布による全層施肥が一般的であるが、幼穂形成期1週間後のケイ酸追肥（ケイ酸質肥料20kg/10a）が食味向上に有効である（表Ⅷ－17)。

表Ⅷ－16　ケイ酸肥沃度に対応した資材施用量

（北海道施肥ガイド2010）

ケイ酸含量 (SiO_2mg/100g)	ケイカル施用量 (kg/10a)
0　～　10	180　～　240
10　～　13	120　～　180
13　～　16	60　～　120
16　～	0　～　60

注１　分析法は湛水保温静置法による
注２　グライ土、泥炭土では施用範囲内の高い数値を適用する。
注３　他の資材についてはケイカルとの肥効差を考慮して施用する。

表Ⅷ－17　ケイ酸の施用法がタンパク、ケイ酸吸収効率に及ぼす影響（上川農試 2000）

ケイカル施用量 (kg/10a)	精米タンパク (%)	総窒素吸収量 (kg/10a)	総ケイ酸吸収量 (kg/10a)	茎葉の ケイ酸/窒素比	施用したケイ酸の吸収率（%）
無施用	6.5	11.1	80.6	17.8	－
基肥150kg	6.1	10.1	84	18.5	8
追肥20kg	5.4	9.8	83.1	21.2	42
追肥40kg	5.5	10	83.2	21.5	22

（道総研農業研究本部企画調整部地域技術グループ　主査　渡邊祐志）

2　育苗と移植

⑴　寒地稲作における育苗の役割

北海道では地域により多少の差はあるものの、水田での生育期間は概ね５月中旬から９月下旬の無霜期間に限られる。従って、過去に行われていた移植が６月中旬になる水苗代栽培や、直播栽培では生育日数が短いため十分な生育量が確保できず、出穂が遅れるなどの理由から収量性が低く、かつ年次間変動が大きく不安定であった。

その後普及してきた保護畑苗代育苗は、４月下旬には播種できるため、生育日数、特に栄養生長期間が延びて、生育量（分げつ茎数や草丈）の増大と、生育を進め安全な時期に出穂させ、登熟温度を十分確保出来るようになって収量が大幅に増加した。また、気象条件などによる変動も著しく小さくなった。

このように、育苗の役割は、

①　保護苗代で一定の生育進度と生育量を確保できることから、晩霜の危険の少ない時期に移植し、初期生育の増大と生育日数の延長をはかり、生育量を早期に確保できる。

②　生育を進め、十分な登熟ができるよう、「安全出穂期間」内に出穂させる好適作期への調整が出来る、などである。

これらのことから、保護苗代育苗の普及にともなって、北海道の稲作は年次変動が小さくなり、収量も著しく増加した（詳細は７ページ「Ⅱ．１稲作への取り組みと発展」参照）。

⑵　稲作法と育苗様式の移り変わり

栽培技術等の変遷については「Ⅱ．１稲作への取り組みと発展」に詳しい記述があるが、ここではその概略を記述しておく。

北海道稲作の始まりの頃は、当時の東北地方の稲作に習い、水苗移植栽培体系であった。その後、移植の手間が省け、生育が比較的良好な直播栽培が急速に増加し、1920年代後半（昭和初期）には、全道稲作面積の80％をこえた。水苗移植栽培や直播栽培が中心の時代には、品種改良や技術の進歩はあったものの、反収の増加の歩みは非常に遅かった。

1935年（昭10）頃から油紙障子などによる保護畑苗代育苗技術が開発され、収量の大幅増と、低温などによる収量変動の低下をもたらしたため、1940年代（昭20）後半に入り急速に普及が進んだ。

保護畑苗代育苗は、その後、うす播き大苗育苗（熟苗と称した）の方向に、また、保温方式は油紙障子からビニールトンネル、さらにビニールハウスへと移り変わり、より大きな苗の育成と作業性の向上に寄与した。

1960年代後半（昭40前半）になって田植機とそれに適した育苗方法の開発が積極的に行われ、1970年代（昭40後半）には田植機による移植が急速に普及し、1970年代後半（昭50前半）には90％以上が機械移植となって、現在は人手による移植（田植え）を見ることは殆どない。

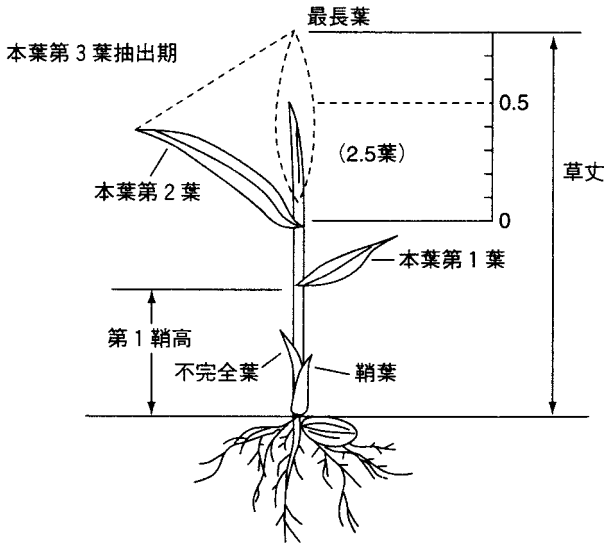
機械移植栽培は、これに適した品種開発や肥培管理技術の進歩に加えて、人手による田植え時代は困難であった密植が可能となったことから、収量は飛躍的に伸びた。機械移植栽培の初期は、厚播き短期育苗の稚苗が中心だったが、育苗本来の目的である生育量確保に必要な育苗日数の延長ができなかった。1976年（昭51）の冷害を契機に、移植機と育苗法の開発にともない、より播種量の少ないの中苗へ、さらに成苗へと移行してきた。

一方、低コスト生産、省力化の観点から稚苗より短期育苗の乳苗が、1980年代後半（昭60）から指導技術となった。さらに省力的な直播栽培は2007年（平19）以降から大きく増加し、2010年（平22）には全道の作付面積は855haとなっている。

⑶ 機械移植苗の形質と管理のポイント

苗は移植後に、水による保護はあるものの、直接外気に接し風にさらされる。また、箱マット苗や型枠苗は移植の際に根が切断される。このような移植にともなう環境の変化に耐えられ、すみやかに新根を発生し活着できる丈夫な苗を作ることが、育苗上の重点になる。

移植時の苗が備えていなければならない形質は、育苗様式によって異なるが、播種量の多少と育苗日数の長短によって大部分が決まってしまうものである。播種量の多い育苗様式は、いくら育苗日数を長くしても、葉令や乾物重の増加はわずかしか期待できず、逆に苗の徒長や老化を招き苗素質が低下する。これらのことを考慮して、育苗基準が設定されている。図Ⅷ－４に苗の部位の呼称と葉令の数え方を示す。



図Ⅷ－４　苗部位の呼称と葉令の数え方

1) 草　　丈

草丈は、育苗期間中の温度や水管理、育苗日数との関連が強い。育苗基準より長いものが徒長苗であり、茎葉の表面積が大きいため、移植後の蒸散量が増加し、葉枯れ（植傷み）を生じやすい。短すぎると水管理が難しくなるが、移植後の植傷みなどの問題発生は少ない。以上のことから、草丈は育苗基準の範囲内で、できるだけ短くなるようビニールハウスの換気と潅水に注意する。

2) 葉　令（葉数）

育苗日数や育苗期間中の管理の適否に左右されるが、中苗および成苗では、徒長して葉身長の長い苗ほど葉令が増加しにくくなる。移植時の葉令が小さい場合は、本田での出葉数が多くなるので、移植から出穂までの日数が長くなり、出穂の遅れを生じやすくなる。移植時の葉令が基準の大きさになるよう管理に努める。

3) 地上部乾物重

地上部乾物重は播種量の多少、育苗日数、管理の適否に左右される。通常は100本の籾殻を取り除いた苗を乾燥して測定する。苗の生育量を最も確実に把握できる項目であるが、草丈や葉令の大きさにつれて増加するので、地上部乾物重だけでよい苗とは判断できない。苗の充実度を評価するため、草丈１cm当たりの乾物重の大小を意味する［地上部乾物重÷草丈］がし

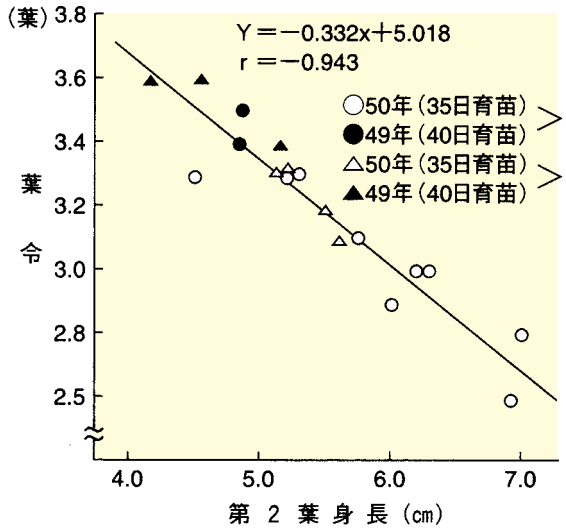
ばしば用いられている。

4) 第１鞘高（第１葉鞘高）

第１葉の葉鞘の長さをいい、徒長苗か否かの目安になる。３cmを越えると徒長苗と判断される。出芽揃い後も高温管理を続けた場合に第1鞘高が高くなり、同時に第１葉、第２葉の葉身が伸び、３葉および４葉の出葉が停滞して必要葉令の確保が難しくなる。出芽の打ち切りや二重被覆の除去にあたっては、芽が伸びすぎないうちに早めに行い、出芽揃い後は高温や床土の水分過多に注意する。

5) 葉 身 長

葉身長は、高温で水分が多い場合に長くなりやすい。第２葉身長が長いと図Ⅷ－５のように葉令が小さくなる。葉身は常に直立状態を保てる長さにして良好な受光体勢を維持することが大切である。



図Ⅷ－５　第２葉の葉身長と葉令の関係

6) 茎　　数

厚播きの稚苗および200ml播きの中苗では、育苗期間中に分げつを発生することはまずない。しかし、うす播きの成苗では１～２本の分げつを発生し、120～150ml播きの中苗でも分げつを発生することがある。苗代分げつは第1節、第2節からの発生であり、移植時に枯死しなければ初期生育に大きく寄与する。苗代分げつに発生には、うす播きであること、徒長させないこと、日照が多く好天であることなどが要求される。

(4) 育苗型式別の特徴

1) 乳　　苗

播種量は箱当たり催芽籾700～800ml、出芽器で出芽させ、育苗日数７～10日で、10a当たり15箱使う。稚苗に比べ胚乳残存量が多く、低温下での活着性が高いため稚苗よりやや早植できる。稚苗に比べ出穂期は３～４日遅れる。

2) 稚　　苗

播種量は箱当たり催芽籾350～400ml、10a当たり20箱程度必要である。省力、低コストであるが、移植時の葉令が2.0～2.5葉であるため、出穂が遅れやすい欠点がある。

3) 中　　苗

箱マット苗、紙筒苗、型枠苗の３型式がある。播種量は催芽籾で、箱マット150～200ml／箱、

紙筒苗120～130ml／冊、型枠苗150ml／枠である。育苗日数は30～35日程度で、移植時葉令は3.1～3.5葉である。第１鞘高と第２葉を伸ばさぬように育苗前半の温度と水管理に注意する。

4) 成　　苗

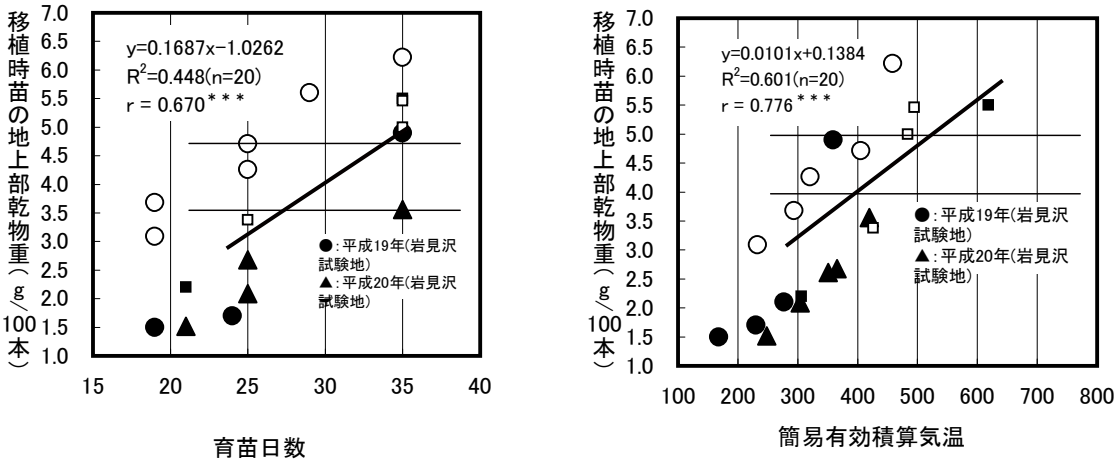
成苗ポット苗、箱マット苗、箱ポット苗、型枠苗、紙筒苗の５型式がある。成苗ポット苗では、播種量が催芽籾で75ml／枠、35～40日育苗し4.0葉以上の大きい苗を移植する。これ以外では90～100ml／（箱、冊）の播種量で、35～40日育苗し3.6葉以上の苗にして移植する。いずれの型式もうす播きであるため、箱数を多く必要とする。早生品種は育苗後半の高温障害に注意するとともに、育苗日数を長くすると不時出穂を起こしやすくなるため、育苗日数は35日程度にする。

機械移植面積に占める成苗（５型式合計）の割合は、2009年（平21）で67％と最も高く、次いで中苗が32％となっており、これら以外の型式はごくわずかである。

5) 成苗ポット苗における育苗日数の見直し

また、上述の苗形質に関する基準値は1970年代後半（昭50年代）の試験成績に基づき定められている。この当時に比べ現在では､水稲経営の大規模化により育苗ハウスが大型化しており、かつ密集して建てられ風通しが悪くなっている。このため、育苗ハウス内部の気温は下がりにくい状況にあり、育苗日数が35～40日であっても4.5葉前後の徒長、老化した苗が移植されるケースも増えている。

育苗ハウス内の環境が従前と変化していることから､「ななつぼし」を用いて成苗ポット苗での苗形質と育苗日数の関係が見直された。その結果、育苗日数よりも育苗ハウス内の簡易有効積算気温の方がより苗形質を示す目安としては妥当であり（図Ⅷ－６）、430℃で移植可能な苗形質となることが示された。



図Ⅷ－６　育苗日数および簡易有効積算気温と移植時の地上部乾物重との関係（中央農試 2010）

簡易有効積算気温は次式で算出される簡易有効気温を播種翌日から移植まで積算し算出。

$y=60.1/(1+(x/21.8)^{-4.2}+0.9)$

x; 日最高最低平均気温（育苗ハウス内の地表から10cmの高さで測定）

y; 簡易有効気温

簡易有効積算気温430℃は育苗日数で29～37日（平均33日）に相当することから、これまで

の35～40日に比べ早限では６日、晩限で３日早まる（表Ⅷ－18）。具体的には、通常の移植期である５月20～25日からさかのぼって33日前の４月17～22日に播種を行う育苗計画をたてることが、健苗の育成に有効である。なお、「ななつぼし」以外の品種については2011年（平23）より農業試験場において試験を行なっている。

表Ⅷ－18　水稲「ななつぼし」における簡易有効積算気温と移植時の苗形質[1]との関係（中央農試 2010）

簡易有効積算気温	430℃
育苗日数[2]	29～37
草丈	12.8cm （基準値内）
葉数	葉数4.0 （基準値に達する）
地上部乾物重	4.5g/100本 （上限値に達する）

1)　北海道水稲機械移植栽培基準（成苗ポット）に示される苗形質。
2)　各簡易有効積算気温に対する平均値と90％信頼区間から算出。

⑸　床土の培養と置床の準備

機械移植苗の育苗は、制限された少量の培土で密播状態の苗を健苗に仕立てなければならない。苗の生育には床土の物理化学性、および置き床の環境が直接影響することになる。これらの条件が悪いと、出芽や苗立ちも含めて各種苗立枯病、湿害、乾燥害などが発生しやすく、育苗管理に苦労するばかりでなく、経費や労力の損失につながる。したがって、優良な床土の確保と置き床の排水改善などに、万全の注意をはらうことが重要である。

1)　優良な床土の確保

機械移植の育苗では、毎年多量の床土が本田に持ち出されるので、少なくとも２～３年分の育苗に必要な土量を確保し、良く培養しておく必要がある。水田土、畑土などは、そのままでは育苗床土としての理化学性を満足させるものはない。次のような方法で培養しておくと良い。

ア　手近な水田や転作畑の表土などを床土に利用する場合は、１ヶ所に積み上げて放任するのではなく、培養場所を定めて適当な厚さに広げ、えん麦など緑肥作物の栽培を励行する。

イ　床土を培養する。えん麦の緑肥栽培は年２回行える。鋤き込みは深く行い、２～３回ロータリーをかけよく混和させる。第２回の鋤き込み混和を９月中旬に行い、10月中旬までに乾燥程度を見計らって採集または集積し、次年度分の床土として準備しておく。

ウ　酸度（pH）の矯正を行う。育苗床土のpHは4.5程度が良く、5.0より高いとムレ苗や苗立枯病が出やすくなる。床土にする原土は必ずpHを調べ、緑肥作付け前の耕起時に酸度の矯正を実施しておく。第１回目の鋤き込み後に再度pHを確認し、必要があればさらに矯正を行う。硫黄粉末を使う場合は、表Ⅷ－19を参考に施用する。また、サンドセットを使う場合は、箱当たり200～250gの施用でpHが1.0低下する。

表Ⅷ－19　床土のpH矯正法

	硫黄粉	備　　考
泥炭土	800g	3.3㎡（１坪）、深さ10cm当
埴　土	260g	たりのpH1.0降下量
砂　土	180g	

2)　置床（苗代用地）の準備

機械移植用育苗の多くは、箱下や枠下への発根が多い育苗法である。したがって、置床は常時排水が良好でなければならない。排水不良に低温や不適当なpHが重なると、苗立枯病などの育苗障害を招きやすい。したがって、雨水侵入をふせぐためハウス周辺には明渠を、置き床には暗渠を施工して排水性を確保しなければならない。また、育苗用地は融雪促進を図り、早期に育苗ハウスを建設し、播種前に十分に置土を乾燥させることが大切である。

3)　育苗施肥

機械移植用苗が密植の状態で、しかも限られた床土で育苗されるからといって、多くの肥料を必要とするものではない。少ない床土に窒素を多用すると、徒長苗や根張り不良を招いたりする。また、育苗床土（置床）として長く経過した場合は、リン酸の集積や塩基のバランスがくずれている事例が多い。リン酸の適正基準値については播種時において20～40mg/100gが示されている。土壌診断を行い、この範囲および40mg/100gを超える場合にはリン酸施肥を行う必要はない（表Ⅷ－20、表Ⅷ－21、表Ⅷ－22）。

表Ⅷ－20　水稲育苗床土土壌診断基準値（施肥ガイド2010）

区分	診断項目	基準値	単位	留意事項	備考
物理性	容積重	60～100	g/100ml		105℃乾燥重
	固相率	25～35	vol. %		
	粗孔隙率	15～30	vol. %		pF1.8の気相率
	易有効水容量	10～20	ml/100ml		pF1.8～2.7の孔隙量
	10分間吸水量	30前後	ml/100ml	現場での簡易な吸水性の指標値	
	水分	20～30	含水率%		成苗ポット専用播種機利用の場合
化学性	pH（H_2O）	4.5～5.0		pHが高いとムレ苗発生の恐れが大きい	1：2.5水抽出（1：5水抽出も可）
	電気伝導率（EC）	前0.2以下 後1.5以下	mS/cm		1：5水抽出
	有効態リン酸（P_2O_5）	後20～40	mg/100g		トルオーグ法
	交換性カリ（K_2O）	前15以下 後15～50	mg/100g		
	交換性苦土（MgO）	前25前後 後100以下	mg/100g		
	リン酸･苦土比（P_2O_5／MgO）	4.5未満			重量比
	石灰・苦土比（CaO／MgO）	1.0～4.1		苗の異常褐変防止のため、基準値を守る	重量比（当量比：0.7～2.9）

注１．10分間吸水量と水分以外の物理性診断は、100ml容採土管を二個連結して濾紙を付け、床土（５mm篩別あるいは製品そのまま）を育苗箱と同程度の密度で充填し、毛管飽和させた後、管の接続部で切断して下部を一連の測定試験に供試する。脱水過程で実容積を測定後、最後に熱乾して乾重を測定する。

注２．化学性基準値の「前」は施肥前、「後」は施肥後の試料を対象とする。無表記は両者に共通の基準値である。

表Ⅷ－21　土壌診断に基づく施肥対応（水稲育苗床土）（施肥ガイド2010）

項目	分析値水準（施肥前）	施肥率（%）	留意事項
pH（%）	低い　～4.5 適正　4.5～5.0 高い　5.0～	－	床土の酸性矯正は、適正値に設定する。ただし、有効態リン酸が50mg以上で石灰・苦土比4.1以上かつpH4.0以下の高リン酸･低苦土･低pH土壌の場合は､苦土資材を混合して使用する。この場合、炭酸カルシウムと炭酸マグネシウムを１：１に混合した資材を施用するのが望ましい。苦土炭カルでも良い。
有効態リン酸（P_2O_5mg/100g）	～10 10～20 20～40 40～	150 100 0 0	100％の施肥量は中苗箱マットP_2O_5 1g/箱、成苗箱ポットP_2O_5 1g/箱、置き床は30g/㎡。　分析方法:トルオーグ法。
交換性カリ（K_2Omg/100g）	～15 15～35 35～50 50～	100 50 25 0	100％の施肥量は育苗箱当たりK_2O 1g、置床では20g/㎡。

注１．施肥前の土壌診断が困難な場合は、水稲機械移植基準を参照する。

注２．人工倍土のリン酸成分表示は、使用する時点での成分量を保証するものである。

表Ⅷ－22　育苗施肥基準

		基　　肥	追　　肥
稚苗	箱マット苗	箱当たり N、K_2O、P_2O_5 各１g	１～1.5葉期 N　1.0g/箱
中苗	箱マット苗	箱当たり N、K_2O、P_2O_5 各１g	①1～1.5葉期 ②2～2.5葉期 N　1.0g/箱
	紙筒苗	床土0.2～0.24㎥ 当たりN、P_2O_5各 130g、K_2O 80g	①1～1.5葉期 ②2～2.5葉期 N　1.0g/箱
	型枠苗	枠内無肥料 置床施肥[1)]	追肥無
成苗	箱マット苗	箱当たり N、K_2O、P_2O_5 各１g	①1～1.5葉期 ②2～2.5葉期 必要に応じ ③3～3.5葉期 各N　1.0g/箱
	箱ポット苗	① N、K_2O、P_2O_5 各0.6g/箱 ②置床施肥（注記）	
	型枠苗	枠内無肥料 置床施肥（注記）	追肥無
	成苗 ポット苗	① N、K_2O、P_2O_5 各0.5g/枠 ②置床施肥（注記）	追肥無

1)　置床施肥：N：25g、P_2O_5：30g、K_2O：20g/各㎡当たり

⑹　育苗の実際

機械移植は良い苗も悪い苗も無差別で植えていくので、移植後に欠株や生育の不揃いを生じないよう、斉一な苗を育てなければならない。

1)　育苗計画を立てる

播種～移植の一連の育苗作業計画は、地域の気象条件から見た移植開始可能日と、移植終了日をもとに、育苗様式別育苗日数や品種特性を考慮して決める。むやみに育苗日数を長くすると苗質を損ない、老化苗や本田での不時出穂を招くので注意する。

2)　純度の高い種子を用意する

使用する種子は原則として、純度が高く調製の良好な種子センター産種籾が望ましい。種籾を自家採種する場合は、突然変異･自然交雑･遺伝的な分離などにより、品種固有の純度は年々低下するので、出穂から穂かがみ時期にかけて毎年２～３回、異型や異品種を抜き取るとともに、種子伝染性病害の感染に注意し２～３年ごとに種子センター産で更新する必要がある。

3)　種子の予措（よそ）

種子予措とは、選種（比重選）、浸種吸水、種子消毒、催芽（芽出し）など一連の作業の総

称である。斉一に出芽させ、生育の揃った苗を育てるための重要な作業である。

ア　選　　種：

種子センター産の種籾は十分に調製されているので、原則として選種の必要はない。特に、消毒済みの種籾は薬剤が流亡するので選種を行ってはならない。自家採種の場合は選種が必要で、うるち種は比重1.08～1.10、もち種は比重1.06～1.07の比重選を行う（表Ⅷ－23）。

表Ⅷ－23　比重選選液の作り方

	標準比重計	ボーメ度比重計	水10リットル当たり（kg）	
			食塩	硫安
うるち	1.10	14	1.6	2.1
もち	1.07	10	1.0	1.4

イ　種子消毒：

種子センター産の消毒済み種子は消毒の必要はない。消毒済み種子以外は、北海道病害虫防除基準に基づき、ばか苗病、褐条病、苗立枯細菌病、いもち病などの対象病害について薬剤を選択し、消毒を行う。浸漬消毒を行う場合は、薬液と籾の量は１：１とし、消毒液温は10～12℃で行う（Ｘ　７－１「病害防除」参照）。

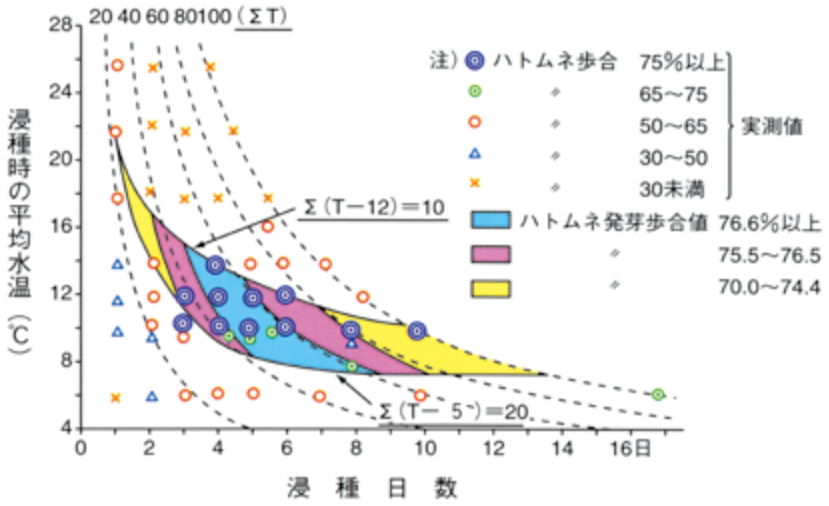
安全・安心を求める消費者ニーズに対応してYES！clean等の減農薬栽培や有機栽培を行う生産者、産地が増加している。このような状況の中で、薬剤によらない温湯消毒が各地で行われている。これは60℃のお湯に10分浸漬する、あるいは58℃に15分浸漬する種子消毒方法で、いもち病、ばか苗病、苗立枯細菌病に対して有効である。

種子伝染性の褐条病には温湯消毒のみでは効果がない。しかし、温湯消毒と催芽時の食酢処理を組み合わせることで、褐条病も抑えることができる。なお、食酢には酸度4.2％の穀物酢を50倍に希釈して使用する。

ウ　浸　　種：

貯蔵中わずかに呼吸をしていた種籾は、吸水によって体内の各種酵素が活動を始め、発芽への準備に入る。発芽に必要な吸水量は、籾風乾重の28％程度（吸水前の15％を加えると43％の含水率）で、浸漬温度が高いほど給水時間は短い。しかし、水温が15℃以上と高い場合は、吸水中に一部で発芽を始めたり、逆に水温が低い場合には吸水が不十分となり、不発芽籾が多くなって、催芽不揃いの原因となる。

斉一な「ハト胸催芽」をするためには、浸種期間の毎日の水温から5℃を差し引いた積算水温が20℃以上（最低水温の規制）で、かつ毎日の水温から12℃を差し引いた積算水温が10℃以下（最高水温の規制）の範囲でなければならない（図Ⅷ－７）。一般的には平均水温は11～12℃とし、浸種日数は５～６日である。ただし、登熟期間が高温に経過した年は、種子の休眠が深くなる品種があるので、高温年産種籾は浸種日数を２～３日延長して、７～８日は浸種する必要がある。



図Ⅷ－７　浸種温度と浸種日数（北農試 1980）

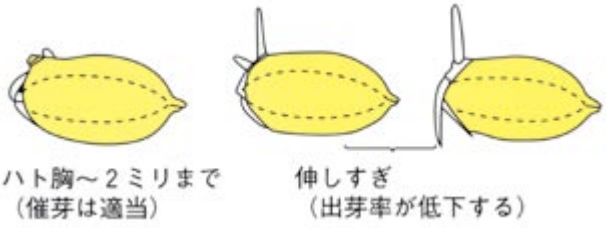
ΣＴ＝毎日の水温の積算（合計）

Σ（Ｔ－12)、(Ｔ－５）＝毎日の水温から12、５を引いた水温の積算

エ　催芽（芽出し）：

浸種の完了した種籾に一定の温度を与えると、発芽・発根が始まる。発芽・発根は呼吸作用によってエネルギーを作り出し、新しい器官を分化生長させることから、酸素要求量も多くなる。したがって、種籾に均一な温度と十分な酸素を供給して、催芽を揃えることが大切である。

催芽の程度は、ハト胸から２mm程度の長さが適当である（図Ⅷ－８）。芽を伸ばしすぎると、播種作業時に損傷して出芽歩合を低下させる。催芽における発芽・発根の最適温度は30～32℃で、催芽までの時間は20時間前後である。



図Ⅷ－８　発芽の程度（北農試 1975）

オ　催芽における留意点：

種籾全体の温度むらを防ぐことが大切である。その為には、催芽を始める前に、30～35℃程度の温湯に３時間程度漬けてから催芽器（育苗器）に入れる。また、芽出し袋に種籾を入れすぎると、中心部と周縁部に温度差が生じ催芽が揃わないので、できるだけ小分けして催芽を行う。催芽器の種類によっては積み重ねた芽出し袋の上部が乾きやすいものがあるので、濡れた麻袋などで覆うようにする。15時間を過ぎてからは、１時間ごとに催芽の程度をチェックする。また、品種や来歴の差により、催芽時間は少しずつ異なるものである。芽出し袋を一つずつ確認し、催芽が遅れる袋は加温を継続する。

カ　循環式催芽器と細菌性病害：

褐条病と苗立枯細菌病などの細菌病は、30～34℃が活動の適温である。したがって、温水を循環させて催芽させるハト胸催芽器などの使用は、発病を助長するので避ける。

4) 播　　種

播種作業は、それぞれの育苗様式の良さを最大に発揮できるよう、育苗日数や箱当たりの播種量を確認し、計画的に行う。播種に当たり次の点に注意する。

ア　催芽した種籾を均一に播種するため、脱水機等で籾表面の水分を除く。

イ　播種する前に、空の育苗箱を播種機に通し、メスシリンダーで正確に播種量を量り、機械を調整する。

ウ　ポット苗や型枠苗は、穴または列ごとの播種粒数が、均一に所定量入っているかを確認し調整する。

エ　品種や種子の来歴により籾の大きさが異なり、播種量は変化する。また、催芽の程度によっても変わる。したがって、品種や催芽の程度が変わるたびに播種機を調整する。

オ　床土・覆土量の調整も的確に行う。

5) 播種前後の潅水

床土の水分含量や人工培土の種類によって、箱当たりの潅水量が異なるので、十分に留意する。箱当たりの潅水量の目安は、床土全体に水が行きわたる量とし、水の過不足を避ける。床土の温度上昇をはかるため、温湯（40℃）を潅水するのも良い。

6) 置床設置から出芽

箱マット苗では、出芽器（育苗器）の使用が多かったが、褐条病や苗立枯細菌病など細菌病の発病を助長するので、避けることが望ましい。育苗ハウスに直接静置し、二重被覆で保温し出芽する置床出芽法が安全である。置床の地温上昇を図るため、融雪促進を行って早めにビニールをかけ、土壌を十分乾燥させる。

成苗ポット苗や型枠苗など、置床に灌水して設置する育苗方式では、播種前日の早朝に灌水し、古ビニール等で被覆をして、十分に地温を上昇させておく。置き床設置後は、必要に応じて灌水を行い、その後、遮光性のフイルムで被覆し、さらにその上に透明な有滴フイルムをかけて二重トンネルにする。ただし、二重トンネルは低温の日中と夜間のみとする。

出芽時の温度は籾の位置で測定し、25～32℃を保つように、ハウスのビニールや二重被覆フイルムを開閉し調節する。35℃以上にしてはならない。覆土の上に白い芽が70％出たら、二重被覆を取り除く。ただし、二重トンネルは1.5葉期まで夜間の気温が低下した日のみ使用し、夜間の最低温度を10℃以下にしないようにする。

7) 出芽揃いから1.5葉期までの管理

出芽揃いになったら、ハウス内の温度は20～25℃を目安にし、25℃を越える場合は換気を行う。夜間は10℃以下にしないように、寒い日は日没直前に二重トンネルをかけて温度の維持につとめる。発根を促進するため、床土の過湿を避ける。この時期は苗も小さく、水分の蒸散量も少ないので、毎日灌水する必要はない。床土の中まで乾き、灌水が必要になったら晴天日の早朝に、床土全体にいきわたるように潅水する。

8) 1.5葉期から３葉期の管理

稚苗では1.5葉期を過ぎたら、１週間後の移植に備え徐々に外気に慣らし、晩霜に注意しな

がら夜間もビニールを開放して丈夫な苗に仕上げる。

中苗と成苗は、1.5葉期から胚乳消尽期までの間、徒長を防止しながら葉令を進め、根の発育を促進し、充実した苗で胚乳消尽期を経過させ、独立栄養生長に移行させる期間である。1.5葉期からは、養水分の吸収が旺盛で光合成も盛んとなり、葉令が進み草丈や地上部重も急増する。一方、胚乳は生育とともに消失していき、2.5～3.0葉期にかけて胚乳消尽期となる。胚乳消尽期の苗は環境の変化に敏感で、気温の急激な変化や、各種の障害に対する抵抗力が低下する時期でもある。

温度管理は18～20℃を目安にする。晴天の日は早朝からビニールを開放して、徒長を防止する。また、ビニールの開放にともない、床土は乾きやすくなる。晴天の見込まれる早朝には、床土全体に水が行きわたるよう十分に灌水する。

9)　3葉期から移植までの管理

中苗は、3.1～3.5葉の間に、成苗は3.6葉以上（成苗ポット苗は4葉以上）で移植する。移植の5日前頃から18℃～外気温を目安に管理し、移植後の環境に耐えられるよう、苗質の充実硬化につとめる。ビニールは昼夜ともに開放し外気温に馴らすが、晩霜には十分注意する。

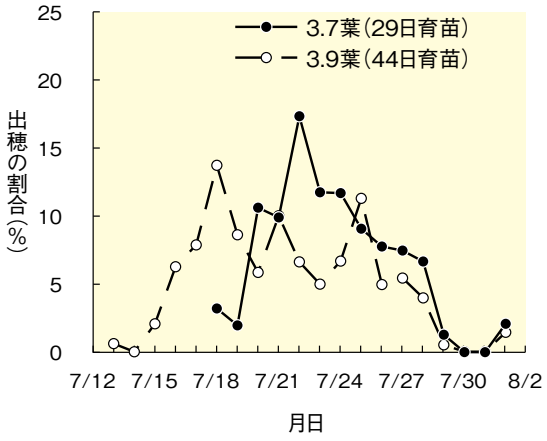
床土の水分不足は苗の老化を助長する。この期間は苗が大きくなり、葉からの蒸散量も増える。また、ビニールも大きく開放するので、床土は良く乾くようになる。したがって、床土全体に水がいきわたるよう十分に灌水する。移植直前の晴天日には1日2回の灌水を必要とする場合がある。

育苗日数は、中苗で30～35日、成苗が35～40日である。この日数がさらに延びると、老化苗となり初期生育が悪くなる。また、早生品種や感温性の高い品種では、不時出穂（早期異常出穂）をまねくことが多いので、安易な育苗日数の延長は避ける。

10)　不時出穂（早期異常出穂）

不時出穂を防止するには、2.5葉期以降に25℃以上に遭わせないこと、適期に移植することなどが大切である。早生品種に限らず道内で栽培されている主要品種は、いずれも感温性が高く、特に苗床での高温に敏感であるので注意する必要がある。とくに早生品種の「大地の星」の成苗ポット苗では、移植時の葉数が3.8葉を超えると不時出穂により穂揃い性が悪化することが知られている（図Ⅷ－9）。このため、「大地の星」では3.7葉以下で移植することとされている。

育苗型式では、成苗ポット苗に多い傾向があるが、これは成苗ポット苗の育苗枠が、マット苗の育苗箱に比べて表面が熱吸収しやすいことや、枠裏面に空間があり熱容量が小さいため、日差しが強いと床土内温度が5℃程高くなることが主な要因であるので注意する



図Ⅷ－9　「大地の星」における移植時の葉数と穂揃い性に関係
（中央・上川農試 2007）

（Ⅶ．２　外観品質を左右する要因と向上対策の図Ⅶ－１参照）。

⑺ 移　　植

稲の生育期間が短い北海道では、安全出穂期の晩限が早いので、少しでも早く移植して出穂までの期間を長くし、十分な生育量を確保する必要があるが、春の気温上昇が遅いので早植えにも限界がある。

低温活着性や植傷みは、移植時の胚乳残存程度、根の有無、苗の大きさ、苗の乾物重などが関与している。移植の早限は、苗の低温活着性と移植後の気温を考慮して決められており、安全出穂期間を考慮して移植の晩限が決められている。

1)　育苗型式別の移植時期

ア　乳苗と稚苗

乳苗と稚苗は、苗が小さく胚乳を残したまま移植されるので、低温活着性が良く早植えできる。しかし、出穂遅延のおそれがあるので移植を早めに終わらせる必要がある。

イ　中　　苗

紙筒苗は移植時に断根がないので早植えできる。マット苗や型枠苗は断根をともない、また胚乳消尽期を過ぎていることから、移植早限は稚苗や紙筒苗より遅くなる。移植晩限は５月末日である。

ウ　成　　苗

成苗ポット苗は完全に独立栄養に移行しており、移植時の断根がなく土付きのまま植えられるので活着に優れ、稚苗並に早く移植できる。また、移植時の葉数が大きく、生育遅れが少ないことから移植晩限も遅く設定されているが、早目に移植を終えることが望ましい。

苗が大きく移植時に断根をともなう型式は、ポット苗より移植早限が遅くなる。

2)　適正な栽植密度

北海道のような寒地では、移植から出穂までの期間が短い。このため、移植後の分げつ期間が低温になると、必要な生育量が確保できず減収したり、後出来の生育となり穂揃いが悪くなって品質が低下することが多い。これらに対応するために、栽植密度を高め安定生産に努めてきた。また、1996年（平８）に指導参考事項となった「少肥超密植栽培技術」に代表されるように、低蛋白米と白度の高い米づくりには、密植がキーポイントになっている。手植え時代には、労力の関係から栽植密度を高めるのが困難であったが、機械移植になり、苗の量さえ確保すれば、容易に密植ができるようになったが、栽植密度は依然として半数近くが基準を下回る実態にある。

育苗型式別に適正な栽植密度が設定されているが、初期生育の不安定な地帯および作期幅の短い地帯では、㎡当たり30株程度までの栽植密度を目標として、生育遅延の防止と収量性および品質の安定化を図る必要がある。

3)　適正な代かきと浅植えにつとめる

過度な代かきを行うと、水田土壌の透水性を著しく低下させるので、入水前に砕土を2回程行い、代かきは1～2回で終えるようにする。また、耕起・砕土は、土壌水分が高い条件で行う

と透水性を悪くするので、土壌水分30％（含水比50％）以下で行うことが望ましい。移植の深さは1.5～2.0cmが適当である。地温は浅いほど高いが、あまり浅すぎると転び苗や浮き苗が発生する。2.0cm以上の深植は地温が低く、また生長点が土に埋まるため、初期生育と分げつの発生が遅れる。

4)　田植え直後の水管理

移植を終えたら、すぐに入水し苗を落ち着かせる。水深は移植直後と、低温や風の強い日は４～６cmのやや深めとする。苗が落ち着いた２日目以降の晴天日は、１～３cm程度のヒタヒタ水から浅水とし、水温と地温の上昇をはかり活着を促す。

3　初期生育・栄養生長期間の管理

北海道では、春の気象条件が冷涼なことから移植は府県より１ヶ月近く遅く行われ、また、登熟温度確保のため出穂期は府県より早いことが求められる。このように本道の水田での生育は５月中旬から９月中下旬頃の短い期間に限られ、とくに、幼穂形成期までの栄養生長期間が短いという特徴がある。このため、苗質が悪かったり、移植後の低温で生育が停滞すると、出穂が遅れるばかりでなく、分げつ発生が遅れるため、穂数不足、登熟不良などを招き減収することが多い。また、当然食味にも大きな影響を及ぼす。

初期生育には、気温や偏東風などの気象条件ばかりでなく、苗の良否･移植時期･栽植密度･植え付け深さ・水田水管理・側条施肥などの施肥法・水田の透水性など多くの栽培管理技術が関与する。ここでは、水管理を中心に栄養生長期間（分げつ期）の管理を述べる。

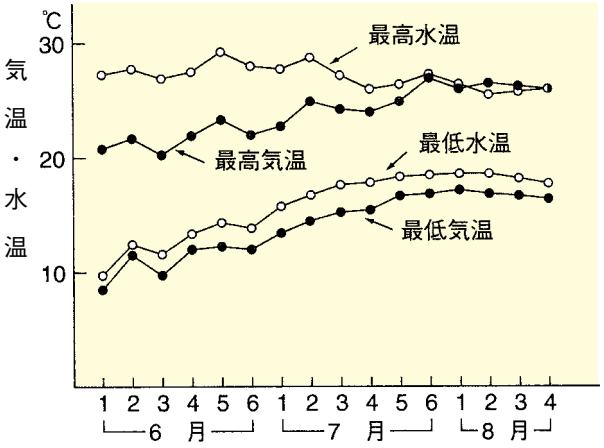
⑴　北海道の分げつ発生の特徴

稲の分げつは、本葉４葉が伸びるのと同時進行で本葉１枚目の節（１節）から分げつが発生する。本葉５枚目の時に本葉２枚目の節（２節）から、６枚目の時には３枚目の節（３節）からというように、一定のリズムに従って生育（同伸性という）する。

しかし、移植のストレスから、中苗は１～２節、成苗は２～３節の分げつが発生しないことが多く、苗質が劣り活着に手間取ったり、移植後が低温であった場合は、さらに上位節の分げつが発生しないことも多い（14ページ、図Ⅱ－５参照）。したがって、苗半作と言われるように移植ストレスや低温に強い健苗を育て､移植後は水田水温を高め、すみやかに分げつが発生できるよう、きめ細かな水管理が重要となる。

⑵　灌漑水の役割

稲にとって湛水状態は、肥料の流亡を抑え、地力を維持し、水に溶けた養分を運び、雑草の発生を抑えるなどの役割があるが、特に寒地ではイネを保温し、厳しい気象環境から守る働きをしている。



図Ⅷ－10　稲作期間の半旬別気温と水温の推移
（上川農試 1978～1987）

図Ⅷ－10は、上川農試における湛水期間の水温と気温の比較である。４年の冷害を含む10年間の半旬平均であるが、水による保温効果が明らかであり、とくに、分げつ茎発生など初期生育に関与する６月から７月上旬の最高水温が、最高気温より６～８℃程度高いことがわかる。最低水温は最高気温ほどでないが、最低気温より明らかに高めである。

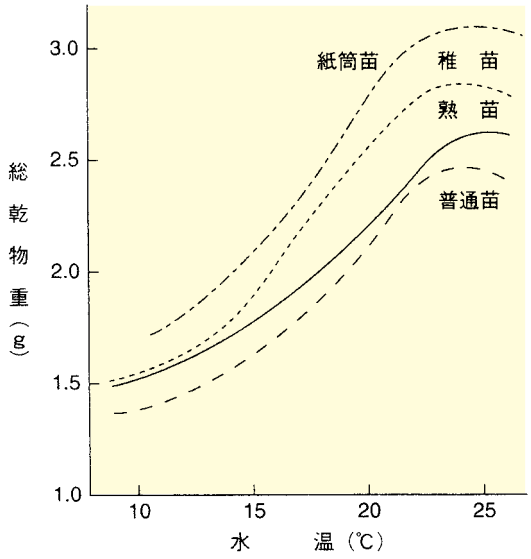
このように、水温は気温より常に高く経過し、とくに、６～７月の灌漑水の保温効果は想像以上のものがある。

⑶ 灌漑水の深さと水温

浅水では、水温は気温の影響を受けやすく、気温の高い日には容易に上昇する。反面、夜間の水温低下は大きく、水温の日較差も大きくなる。深水は、気温の影響が浅水より小さく、水温が上昇しにくいが冷えにくい特徴があり、保温効果は深水の方が大きいといえる。また、日照が多いほど水温の上昇は顕著であり、たとえ気温が低くても日照が十分あれば、出穂・幼穂形成期前の水稲生育に対する低温の影響は殆どない。日照のある日は極力浅水にし水温を上昇させ、低温や風の強い日は深水にして稲を保温・保護することが大切である。地温の温度変化は水温より遅れるが、だいたい同じように変化する。

⑷ 活着と水温

稲の活着は気温より水温に左右されるといわれている。図Ⅷ－11のように、移植後10日間の平均水温と乾物重の増加をみると、15℃以下で小さく、15～23℃の間は水温上昇にともなって総乾物重の増加割合は高まるが、25℃を越えると横ばいかやや低下傾向になっている。このことから活着の適水温は23～25℃と見られる。



図Ⅷ－11　移植後10日間の平均水温と総乾物重との関係（上川農試、昭和44年成績より作図）

⑸ 分げつ発生と水温

分げつ発生の限界水温は、生理的には13℃前後、実用的には15～18℃と見られる。また、適水温は16～30℃と範囲が広いが、上川農試の成績では、23℃程度で茎数が最も増加している。とくに、昼夜の温度較差が大きい場合（夜間15℃、昼30℃以上）に分げつが多くなることがわかっている。このことから、低温でない限り浅水で日最高水温を高め、水温の日較差のある管理をした方が良いといえる。

⑹ 草丈伸長・葉数増加・根の伸長と水温

草丈伸長の適水温は25～30℃とされ、17℃以下となると著しく伸長が抑制される。限界水温は11～12℃とみられている。

葉数増加の適水温も草丈の場合と同様で、限界水温は9～10℃とみなされている。分げつ同

様に日較差が大きい方が葉数増加に有利である。

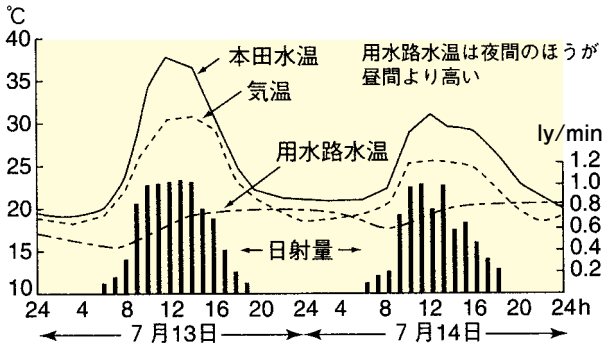
根数は30℃くらいが最も多いといわれるが､根長はこれよりやや低い温度の時が伸びやすく、地上部伸長の適温よりやや低いとみられる。

⑺ 分げつ期の水のかけ引き

寒冷地の分げつ期とされる６月の気温、水温は、分げつ発生の適温より低いことが多い。したがって、できるだけ水温上昇策を講じ、分げつ発生適温に近づける努力が必要である。

晴天で気温の高い日は浅水とし、気温の下がる夜間や低温の日、および風の強い日は深水とすることが水管理の基本である。しかし、現在はほとんどが大型水田となり、水のかけひきが簡単にできなくなっている。週間天気予報などに注意し、低温予報の場合には事前に深水に移行し、晴天予報なら浅水にするなどの対応が必要である。

灌漑時間は、図Ⅷ－12に示した大型水田における水田水温と気温、用水路水温の推移の調査からみて、夕方から灌漑を始め夜間に水を貯めるのが合理的である。なぜなら､一般に河川の中下流域の用水路水温は、昼間よりも夕方から夜間の方が高く、用水路水温と水田水温の差も夜間の方が小さく、灌漑による水田水温低下を小さくできるからである。このように、灌漑入水は夕方から夜間に行い、水温が上昇する日中は止め水にして、水を移動させないことが基本である。



図Ⅷ－12　栗沢町大型水田における用水路および本田水田と気温・日射量の日変化（北農試 1982年７月13～14日）

日射量単位　ly（ラングリー）/min＝10Kcal/㎡＝0.042MJ/㎡

⑻ 防風対策と水温上昇

気温や水温に対する風の影響は大きい。防風網の設置により、水温上昇効果が１～４℃、気温は0.5～１℃上昇するといわれ、その相乗効果は長期間累積されると非常に大きなものとなる。

⑼ 土壌透排水性改善

透排水性も分げつ期の生育促進に不可欠な改善項目である。酸素を多く含んだ温かい水が下方に移動することにより地温を上昇させ、土壌還元を軽減できる。暗渠の水こうを開放したとき、日減水深が1.5～２cmあるような水田が望ましい。

⑽ 土壌還元対策と中干し

透排水性不良田や稲わらが鋤き込まれた水田は、水温・地温が20℃を越えてくると、土壌中の酸素不足による還元（ワキ）が現れ、強い還元の場合は硫化物や有機酸などの有害物質が発生し、根の活動阻害や養分吸収阻害をおこして生育を停滞させる。還元が軽い場合は「灌漑水の入れ替え」、強還元の場合は「中干し」を実施する。

⑾　分げつを抑制する深水管理

初期生育の良い地帯では、「きらら397」は過剰分げつの発生が多く、一本一本の茎が細くなり、登熟歩合が低下する場合がある。これは、「きらら397」は出葉速度が早く、それにともなって分げつが過剰に発生するためである。このような場合には、分げつ期から徐々に深水灌漑することで、過剰分げつを抑制し登熟性を高めることができる。

その判断は、６月15日の茎数が300本／㎡、20日に400本／㎡、25日に575本／㎡、30日に750本／㎡を越えていた場合には、深水灌漑を開始したほうがよい。

ただし、初期生育が悪い場合には、深水は逆効果であり、生育状況を的確に把握して行うことが大切である。

４　幼穂発育期間（幼穂形成期～出穂期）の管理

幼穂の発育期間は、障害型冷害との関わりが深い期間である。同時に稲体の窒素濃度が、倒伏や食味に及ぼす影響も大きい時期である。また、幼穂の発育期間が日照不足に経過すると割籾の発生も多くなる。

不稔の多発する障害型冷害は、減収に加えて割籾の発生による品質低下や、玄米のタンパク質含有率を高めて食味を低下させる。

窒素濃度の高い稲は、不稔の発生を助長するとともに、倒伏やタンパク質含有率を高めて食味の低下を招く。

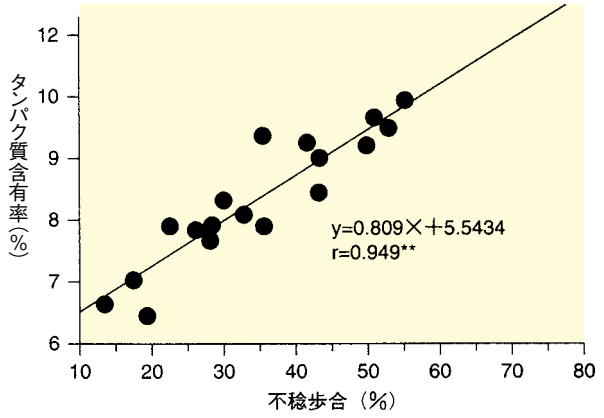
障害型冷害については、別項（Ⅸ－冷害の発生と対策）で詳しく紹介するので、ここでは一般的な管理について述べる。

⑴　障害型冷害と品質・食味

障害型冷害は、不稔の発生により減収するとともに、割籾の増加による品質の低下（着色粒などの発生）や、米粒のタンパク質含有率を高めて食味を低下させる。とくに、タンパク質含有率は、不稔の発生が多いほど高まる（図Ⅷ－13）。

表Ⅷ－24に遮光した場合の割籾率と粒重を示した。７月中旬頃日照不足になると、割籾率が高くなったり千粒重も軽くなる。これは、日照不足による光合成能力の低下により、籾殻の生長が不十分となるためである。その結果、鉤合部にすきま（割籾）が出来たり、粒重も籾殻の大きさに制約されて軽くなるものと推察される。とくに、障害型冷害は、7月の低温と日照不足で発生することから、障害型冷害年は、割籾の多発による品質の低下を伴うことが多い。

北海道では現在､酒米として「吟風」､「彗星」の作付けが行われているが、これらはその用途から精米のタンパク質含有率が6.8％未満であることが求められる。このため、低蛋白米生産にあたって「吟風」では不稔歩合を15％未満、「彗星」では18％未満に抑えることが重要となっている。



図Ⅷ－13　不稔歩合と精米タンパク質含有率の関係（上川農試 1987）

このため、幼穂形成期を確認したら10cm程度の深水とし、冷害危険期になったら18～20cmの深水とするのが基本の水管理である。

表Ⅷ－24　穂孕期の遮光と割籾・粒重の関係（上川農試 しおかり：1973）

移植期	割籾率（%）		出穂前30～6日平均日射量(cal)		完全米千粒重（g）	
	遮光処理	無処理	遮光処理	無処理	遮光処理	無処理
5月21日	43.9	14.4	159	380	18.7	20.0
6月6日	39.4	14.1	145	356	19.4	20.1

⑵　前歴深水の分げつや節間長に対する影響

1)　遅発分げつ発生の抑制

前歴深水は、幼穂形成期以降の分げつ発生を抑制し、有効茎歩合を高め、穂揃い性を向上させる効果も認められている。したがって、高温が連続しても10cm程度の深水は継続し、遅発分げつ発生を抑制する必要がある。

2)　節間長

倒伏と関係の強い第３節間長は、前歴深水によってむしろ短くなり、単位長さ当たりの乾物重は増加した、と上川農試から報告（1990年、平２）されている。したがって、前歴期間の深水管理によって耐倒伏性が低下することはない。

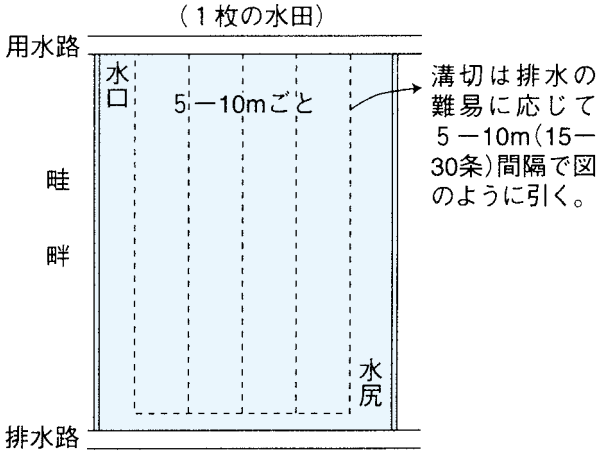
⑶　出穂前の落水と溝切り

1)　冷害危険期終了後の落水

幼穂形成期から冷害危険期までは、湛水状態のため、根の周囲は酸素不足である。したがって、冷害危険期が終了したら直ちに落水し、出穂直前まで中干しをして根圏に酸素を供給する。中干しは、地表面を固め稲の倒伏を防ぐ役割もする。

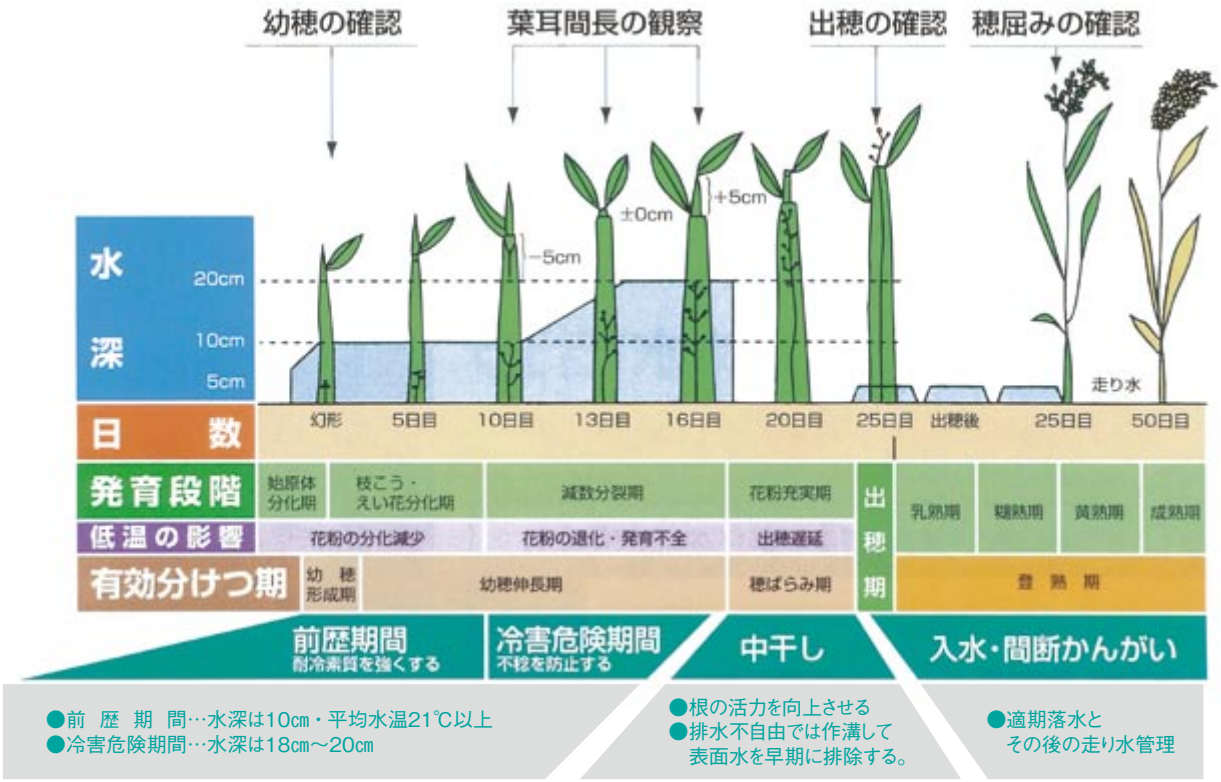
2)　溝切りの方法

排水不良田での溝切りは、中干しの効果を高めたり、出穂後の水管理を容易にするため、重要な作業である。溝切機は、動力式と人力式（コンクリート船型式など）の２種類で、最近は作業の負担を軽減するため、動力式溝切機が多く普及している。溝切りの方法は、中干しなどで落水した後、土が落ち着いたら排水のやや悪い水田では20～30条ごと、排水の悪い水田では15～20条ごとに作溝し、集水溝を切って表面水を排水路に導く（図Ⅷ－14）。



図Ⅷ－14　溝切の方法（産米改良資料 1987）

図Ⅷ－15には、この章の「4　幼穂発育期間（幼穂形成期～出穂期）の水管理」と「5　登熟期間（出穂～成熟期）の水管理」を併せて図解した。



図Ⅷ－15　幼穂形成期から成熟期までの水管理（上川農試 1986）

5　登熟期間（出穂～成熟期）の管理

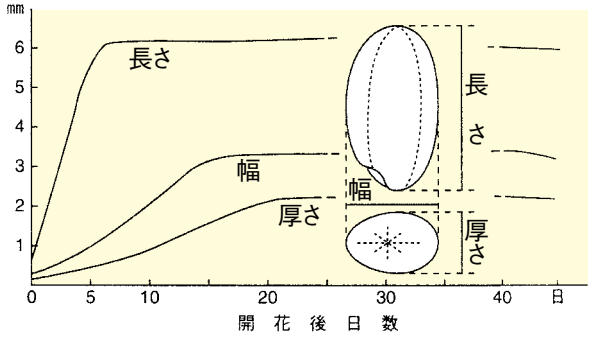
登熟期間は、出穂前の稲体の貯蔵澱粉（20%前後）や、出穂後の澱粉生産（上位３葉で合成される）により、玄米が生長する重要な期間である。このため、登熟の良否は澱粉の生産や移行に係わりの深い土壌含水比や気象条件が大きな影響を及ぼす。

そこで、玄米の生長と、登熟期間の高温による登熟阻害や干ばつの事例、登熟期間の実際の水管理について述べる。

(1)　玄米の生長

1)　玄米の外観的生長

開花受精した子房（玄米）は、出穂後急速に生長する。長さは５～７日、幅は10～11日、厚さは15～16日で最大となる。受精を完了した子房は、７日後頃までは縦方向に生長し、その後14日頃までは横方向に生長し、気象条件などによる変動はあるものの、外観的には15から16日で完成する（図



図Ⅷ－16　玄米の生長（星川）

Ⅷ－16)。

胴切粒は奇形粒の一種で、玄米が“く”の字にくびれることから「くびれ米」とも呼ばれる。玄米の縦伸長を籾殻が制限するために発生すると推察されている。「ななつぼし」では縦伸長期にあたる登熟初期において、平均気温19℃以下の低温により胴切粒（くびれ米）が多発することが知られている（表Ⅷ－25)。

表Ⅷ－25　水稲「ななつぼし」着生位置別の胴切粒発生率（中央農試 2007）

温度処理	胴切粒の発生比率（%）					
	1次枝梗			2次枝梗		
	正常	微	甚	正常	微	甚
極低温区（昼20℃夜14℃）						
主稈	97.7	2.3	0.0	96.4	2.5	1.1
1次分げつ	88.0	8.1	3.9	83.5	9.6	6.8
2次分げつ	89.1	5.4	5.4	77.0	9.8	13.1
低温区（昼22℃夜16℃）						
主稈	99.3	0.7	0.0	97.8	1.5	0.7
1次分げつ	98.3	1.6	0.1	96.0	3.0	1.0
2次分げつ	95.6	2.5	1.9	93.8	2.7	3.5

2)　玄米の内容的な充実

胚乳を構成する細胞の分裂は、受精後10日頃までにほぼ完了する。その後、細胞中に澱粉粒が顕著に増加し、澱粉粒間の小さな間隙にタンパク質が充填され胚乳は透明となる。澱粉やタンパク質の充填による透明部は、玄米の周辺から中心へ、背部から腹面と広がり、受精後ほぼ25～30日で全体が透明となる。このように、玄米の乾物重は受精後25日頃までに急速に増加する。

3)　登熟の条件

ア　登熟温度

登熟に好適な気温は、20～25℃の間にある。30℃の高温になると登熟は速まるが、粒重増加の停止も早い。15℃以下では登熟速度が遅くなる。適夜温は14～16℃で、高温では呼吸量の増加により澱粉の蓄積が少なくなる。

イ　日照と受光態勢

登熟は、日照時間で4時間、日射量で1日平均300cal以下では不良となる。また、上位3葉は直立しているほど葉身相互の遮蔽が少なく、光合成能力が高い。

(2)　高温登熟と品質

東北地方南部以南では、登熟期間の高温により乳白や腹白粒が発生して品質の低下する年も多く、高温だった2000年（平12）には、検査格付け理由（落等要因）の25%に達している。北海道では、登熟期間の高温で品質が低下する年は少ない。しかし、1970年（昭45）に上川農試から、1988年（昭63）には上川専技室から、1990年（平2）には中央専技室から、高温による品質低下が報告されている。

1) 試験成績

上川農試の報告によれば、表Ⅷ－26に示したように、開花５日後から40日間を高温処理した結果、半死米や腹白粒が著しく多くなったとしている。

2) 現地事例

1988年（昭63)、上川中央部の「ゆきひかり」は、乳白・腹白粒の発生により１等米出荷率が35％程度に止まった。このとき、同じ上川中央部でも、山沿いの町村の1等米出荷率は70％以上に達していた。

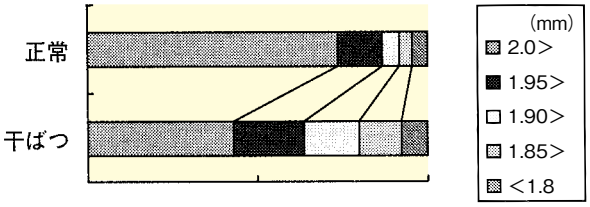
この要因を解明するために、８月中下旬の最高気温を調査した結果、旭川市内が最も高く、28.0℃以上に達しており、周辺山沿いに比べてかなり高くなっていた。このことから、品質低下の主な要因は、登熟期間前半の高温によるものと判断した。

以上のことから、登熟期間が高温に経過すると、籾の炭水化物受け入れ能力の低下や、夜間の旺盛な呼吸による炭水化物消費量の増加などにより、澱粉や蛋白質の充填が悪くなり、乳白・腹白粒などの発生が多くなると推察される。また、乳白・腹白粒の発生は、弱勢穎花や二次枝梗に多いことから、多窒素栽培を避けるなど、基本技術の励行により、過剰な籾数を着生させないことが重要である。

登熟期間の水管理で、このような障害を軽減するには、最高気温29℃、夜間気温23℃以上の高温が5日間以上続くと予報された場合には、灌漑水の掛け流しが有効と考えられる。

⑶ 1997年（平成９年）の干ばつと品質

1997年（平９）の登熟期間の降水量は、８月上中旬は多かったが、その後9月中旬までは平年よりもかなり少なく、８月下旬から９月上旬にかけて、水田土壌水分の不足する地域が多かった。そこで、９月上旬に亀裂のなかった水田（正常）と、亀裂の発生していた水田（干ばつ）を比較した結果、干ばつ水田の「きらら397」は、正常水田よりも粒厚2.1mm以上の玄米が少なく、2.1mm未満が多かった。干ばつ水田の「ほしのゆめ」も正常水田よりも粒厚2.0mm以上が少なく、2.0mm未満が多かった（図Ⅷ－17)。



図Ⅷ－17　粒厚分布調査

（中後志普及センター　ほしのゆめ 1997）

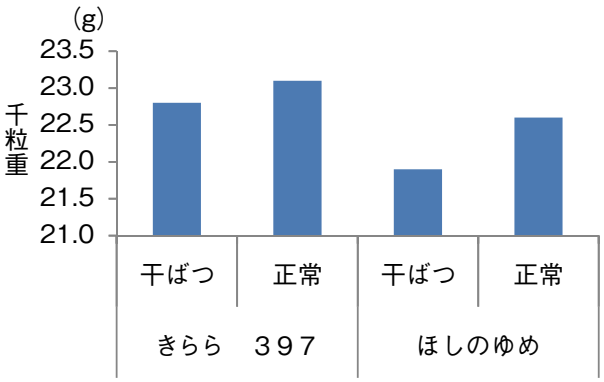
干ばつ水田の粒重低下は、「きらら397」よりも粒重の小さい「ほしのゆめ」で大きかった（図Ⅷ－18)。このような理由により、干ばつ水田では収量が低下し、屑米も多かった。グライ土で亀裂断根の著しかった中央農試稲作部や南空知の干ばつ田では、粒重や収量の低下とともに、腹白粒もやや多い傾向にあった（図Ⅷ－19)。また、精米タンパク質含有率は低くなったが、食味は悪かった。(115ページ、表Ⅶ－19)

気象要因と１等米出荷率との関係について検討した結果、気温や日照時間よりも、８月20日から９月15日（少雨期間）の降水量との関係が強い傾向にあった。また、干ばつ水田の落等要因は、形質・充実度不良や、登熟不良による整粒不足が多い傾向にあった（表Ⅷ－27)。

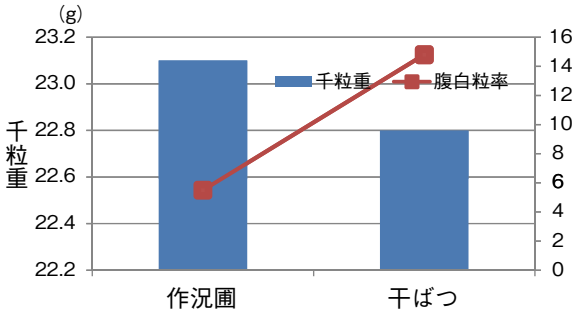
これらのことから、登熟期間中の土壌水分不足が登熟を遅延させ、粒厚・粒重を小さくし、収量を低下させたと考えられた。また、品質面では、玄米の充実（形質・充実度不足や整粒不

足、腹白粒など）や被害・着色粒の発生（玄米表皮活性低下）に影響を与えたと考えられた。

したがって、登熟期間の土壌水分が相対的に不足しなかった地域や、根の伸長の深い水田などでは、収量や品質の低下は小さかったと推察された。このことは、登熟期間の土壌水分維持と、水田の透水性改善（暗渠や心土破砕など）の重要性を示すものである。



図Ⅷ－18　干ばつと粒重
（中後志普及センター 1997）



図Ⅷ－19　干ばつと粒重
（空知南西部普及センター 1997）

表Ⅷ－26　登熟期の気温と玄米品質（上川農試 1970）

温度条件	整粒（%）	半死米（%）	奇形粒（%）
標準区	90.0	0.9	9.1
高温区	73.4	12.3	14.3

注）　高温区：昼29℃　　夜23℃
　　標準区：昼23℃　　夜17℃

表Ⅷ－27　干ばつと品質（空知中央普及センター 1997）

落水期	収量	屑米	検査等級	落等要因
8月20日	485	89	1等	
8月13日	476	90	2等	形質充実度

(4)　登熟向上のための水管理の実際

1)　出穂始めからの水管理

登熟期間は、土壌含水比が低下すると、登熟不良による収量や品質低下（青未熟・乳白・腹白粒の増加）を招きやすいので、出穂後の水管理は、水田内の土壌水分を良く観察しながら、週間予報を参考にしてきめ細かく行う必要がある。

① 開花受精後の米粒は、急速に生長する。したがって、出穂始めになったら直ちに入水し、米粒の生長を促進する。

② 出穂始後の水管理は、浅水としヒビが入る前に入水する、間断灌漑を行うのがよい。排水良好田は、少なくとも出穂後25日前後まで、前記の間断灌漑を励行する。

③ 出穂期後も田面が柔らかく乾きにくい排水不良田は、出穂期に落水して根の活力を維持させる。ただし、ヒビ割れが入る前に確実に走水を行う。

④ 登熟初中期に高温条件となり、日中の気温が29℃以上、夜温23℃以上が5日以上続くと

予想される場合は、灌漑水の掛け流しを行い、水田地温や稲周辺の気温を下げ、乳白・腹白粒などの発生を防ぐことが大切である。

2)　落水期と走水管理

稲は、穂揃性が均一ではなく、籾の着生位置によっても登熟進度が異なるので、成熟期直前まで土壌からの水分供給が必要である。一方､コンバインの走行には田面の堅さが求められる。玄米の正常な生長と、コンバインの良好な走行条件を両立させるため、出穂後25日程度を目安に落水が行われる。

しかし、落水後も玄米は各々生長しているので、土壌含水比が低下すると1997年（平９）のように品質・収量ともに低下する。「きらら397」､「ほしのゆめ」の適正な土壌水分はpF2.1～2.3程度（表面に小亀裂生成、わずかに足跡が付く）で、落水期と走水管理の目安は、以下のように行う。

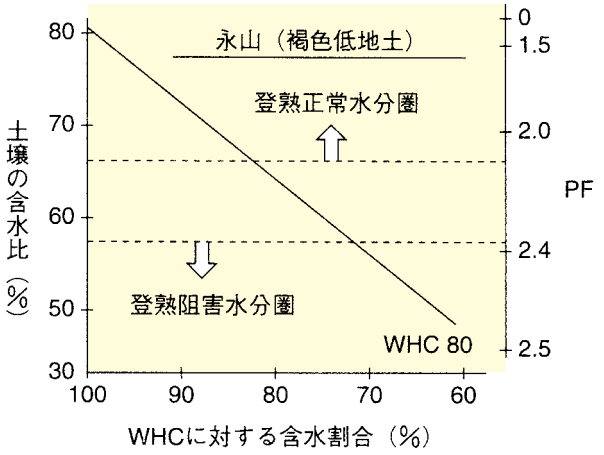
① 落水期は、褐色低地土など排水良好田では穂屈み期（出穂後25日目前後）を目安とする。

② グライ土など排水不良田の落水は、出穂期でよい。しかし、大きなヒビ割れが入る前に走水管理を行う。

③ 落水後の限界土壌含水比は、褐色低地土で66％、グライ土では58％前後である（図Ⅷ－20)。

④ 出穂や登熟が遅れた場合は、地域の用水路の断水時期を繰り延べる必要がある。

⑤ 褐色低地土など排水良好田は、用水路の断水前に５～10cm湛水して、落水後の土壌含水比を維持することも大切である。



図Ⅷ－20　土壌含水比と登熟

（上川農試 1976）

WHC：Water Holding Capacity の略
最大容水時の含水比に対する
試料含水比の割合

6　雑草防除

水田での草取り（雑草防除）は、除草剤が開発される以前は、機械除草や手取り除草で10aに約50時間を要していたが、今はわずか数時間である。除草剤の普及によって、除草作業の重労働からは解放されたが、使われた除草剤の中には、薬害や環境汚染の原因となったものもあり、新たな問題を生み出してきた。

最近は、環境に影響が少なく、安全性の高い除草剤の開発が進み、使用量も少なくてすむものが増え、新しい使い方やさまざまな剤型がある。

(1)　雑草の変遷

北海道の水田に発生する主な雑草は、除草剤の普及に伴って変化してきた。

手取りや中耕除草器で除草していた時代には、ノビエ、マツバイ、ミゾハコベなどの一年生

雑草やウリカワ、ヒルムシロなどの地下茎や塊茎で増える雑草が主であった。1960年代後半（昭40以降）から除草剤が使用され始め、エムオ－＋サターンSに代表される体系処理の普及で、それまで目立たなかったホタルイ、ヘラオモダカが主要雑草の仲間入りをした。

その後マーシェット＋マメットSMに代表される除草体系となり、各草種に対して高い除草効果が得られるようになったが、一部ではノビエ、ホタルイなどは依然として残っていた。

1980年代（昭50代後半）から、クサカリンに代表される、一回の散布で高い防除効果のある薬剤（一発剤）が普及し、ほとんどの雑草が防除出来るようになったが、数年後にはクサカリンでは全く効果のないエゾノサヤヌカグサが増加してきた。

次に、広葉雑草に高い効果のあるスルホニルウレア系の薬剤（SU剤）と、ヒエ剤等を混合した除草剤の開発と普及により、エゾノサヤヌカグサも防除出来るようになった。

この結果、エゾノサヤヌカグサ、ヘラオモダカ、ウリカワ、ヒルムシロなどは水田でその姿をみることができないくらいまで減少した。

その後1990年代に入り、1993年（平５）にミズアオイだけが多量に残った水田が見つかった。翌1994年（平６）にも同じ水田で多量に残ったため、種子を採って中央農業試験場で検定した結果、スルホニルウレア系除草剤の効果が著しく低下していることがわかり、スルホニルウレア系除草剤（以降SU剤）抵抗性の雑草として、日本で初めて確認された。

さらに1997年（平9）には、イヌホタルイの残草が目立つ水田が見つかり、全道の普及センターに連絡し、イヌホタルイだけが残存している水田から株や種子を取り寄せて、中央農業試験場で検定したところ、13カ所中８カ所のイヌホタルイがSU剤に抵抗性を持っていることが確認された。この他にもアゼナ、ヘラオモダカ、ミゾハコベ、オモダカについても、SU剤に対する抵抗性が確認されている。

2001年（平13）の農業試験会議（成績会議）で、SU剤に抵抗性イヌホタルイに対する除草効果について検討した結果、ブロモブチド、クロメプロップ、ピラゾレート、ピラゾキシフェン、ベンゾビシクロン、クミルロン、ブタクロールおよびダイムロンを含む除草剤が有効なことが明らかになった。SU剤抵抗性イヌホタルイの防除に当たっては以下の事項に注意して行うこととなった。

① SU剤抵抗性イヌホタルイの出芽・発生は、感受性のイヌホタルイより早いことが多いので、水田での発生を早くから観察し処理時期を逸しないよう注意する。

② SU剤抵抗性イヌホタルイ種子の生存率から判断して、当面、有効除草剤は継続して3年以上の使用が必要と考えられる。

⑵ 近年の雑草発生状況

2008年（平20）３月に、雑草防除に関する実態のアンケート調査が行われた。また、同年6月には農業改良普及センターによる雑草の発生実態調査も行われている。その結果、一年生雑草ではミズアオイ、ノビエ、アゼナが、多年生雑草ではオモダカ、ホタルイ、ヘラオモダカが防除できていない雑草の上位にあげられている（表Ⅷ－28）。また、除草剤を主体とした防除が行われており、除草剤のみで防除が行われているケースも80％と高いことが示された（表Ⅷ－29）。

除草剤については初中期一発処理剤の頻度が高く、剤型ではフロアブル剤が中心で（表Ⅷ－30）、使用時期は70％が移植後６～15日となっている（表Ⅷ－31）。除草剤の銘柄変更は３年程

度で行われている一方で、４年以上にわたって連用するケースも20％程度あり（図Ⅷ－21）、抵抗性雑草の出現を未然に防ぐ観点からは問題であることが指摘されている。

表Ⅷ－28　防除できていない雑草

（北海道 2008）

雑草名		回答率 2007年	回答率 1986年
一年生雑草	ミズアオイ	32.0	9.1
	ノビエ	25.0	44.5
	アゼナ	11.0	0.2
	タウコギ	4.0	0.2
	アメリカセンダングサ	4.0	-
	オオアブノメ	2.0	0.5
	コナギ	1.0	3.4
多年生雑草	オモダカ	42.5	13.0
	ホタルイ	32.0	69.7
	ヘラオモダカ	19.0	31.3
	エゾノサヤヌカグサ	13.5	29.8
	シズイ	8.0	0.5
	セリ	6.0	0.2
	マツバイ	5.0	0.5
	ウリカワ	2.0	16.6
	ヒルムシロ	2.0	3.8
	コウキヤガラ	2.0	0.7
藻類	アオミドロ	20.0	0.2
	表層剥離	23.5	
その他	スズメノテッポウ	1.0	-
	ハイコヌカグサ	0.5	-
	マコモ	0.5	-

表Ⅷ－29　主な除草方法

（北海道 2008）

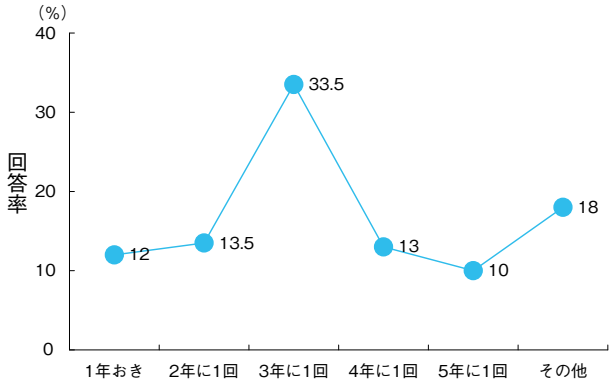
除草方法	回答率 (%)
除草剤のみ	80.5
除草機のみ	0.0
手取りのみ	0.0
除草剤と除草機	2.0
除草剤と手取り	16.5
除草機と手取り	0.0
除草剤、除草機、手取りの全て	1.0

表Ⅷ－30　使用除草剤の分類と剤型（回答数）（北海道 2008）

	初期剤	初期一発剤	初中期一発剤	中期剤	後期剤	計
粒剤	6	48	32	8	15	109
フロアブル剤	37	24	134	0	0	195
ジャンボ剤	6	2	9	0	0	17
乳剤	19	0	0	0	0	19
液剤	0	0	0	0	11	11
顆粒水和剤	0	0	6	0	0	6
計	68	74	181	8	26	357

表Ⅷ－31　除草剤使用時期の実際（北海道 2008）

	回答率（%）	
	2007年	1986年
代かき～移植直前まで	9.9	26.4
移植時	1.3	4.3
移植から移植後5日まで	7.3	
移植後6日から10日まで	44.2	19.7
移植後11日から15日まで	26.6	34.4
移植後16日から20日まで	6.9	7.0
移植後21日から30日まで	1.7	2.2
移植後31日以降	0.0	-
無回答	2.1	6.0



図Ⅷ－21　除草剤の変更頻度（北海道 2008）

※その他は６年に１回、年数ではなく雑草発生状況やコストを勘案して変更など。

(3)　除草剤の使用と環境

除草剤の有効成分は化学物質が１種類だけの除草剤もあるが、２～４種類、最大５種類の化学物質を組み合わせて、一年生のノビエなどのイネ科雑草と広葉雑草、多年生雑草を一回の使用で防除できるような除草剤に作られている。除草剤によって、重労働で最も過酷な農作業の一つとされている手取り除草（人手で行う除草作業）はほとんど必要としなくなった。しかし、農産物の安全性に対する要望はますます強くなっている。雑草防除のために広範囲に使用されている除草剤に対しても例外ではない。クリーンな農産物を生産するためにも、より環境への影響が少ない除草剤の使い方をすることが大切である。

ここでは、除草剤の環境へ配慮した使用方法について記載することとし、耕種的あるいは機械除草についてはⅩⅢ章に記載した。

1)　田植え前は除草剤を使用しない

田植え前の除草剤散布は、①まだ雑草の芽が動いていないこと、②移植時の落水で光や空気に触れることで除草剤が分解されやすいこと、③田植機の走行によって除草剤の処理層が破壊されることなどによって、除草効果が変動しやすいことや、移植時の落水によって除草剤成分が河川に流出するおそれがあることなどから、田植え前の除草剤散布は行わないよう、1999年

（平11）の北海道除草剤使用基準から田植え前処理を削除した。北海道農業のイメージを損なわないためにも、除草剤の田植え前処理は行わないようにすべきである。

2) 止め水を行う

水のあることが除草効果を高める上で大切な要件である。散布時には完全に止め水とし、散布後３～５日は入水や落水をしない。

3) 早めの散布

除草剤が最も高い効果を発揮する時期は、雑草の出芽直後である。ノビエの葉令が２葉以上になっても効く除草剤もあるが、他の雑草と同時防除のために早めに散布する。

4) 雑草の発生を確認

代かきから移植までの期間が長い場合、移植直後でも雑草の生育が進んでいる場合が多いので、発生時期や葉令に注意する。

5) 良い苗を育て、適期に移植し活着を早める

6) 除草剤のローテーション使用

同じ化学物質含む除草剤（同じ仲間を含む）を毎年連続して使用しない（異なった種類の除草剤を使い分ける）。

⑷ 除草剤の剤型

除草剤の剤型は単一ではなく様々なものがある。ここではそれらの主な特徴を整理した。

1) １kg粒剤

１kg粒剤は、1995年（平７）に試験成績に基づいて実用化され、北海道水稲除草剤使用基準にはじめて掲載された。

この剤は均一に散布されなくとも、水田に散布された剤がすみやかに水の中で拡散し、散布されていないところにも有効成分が行き渡るような、粒剤加工技術の開発があったことにより製品化できた。

１kg粒剤中の除草剤の有効成分は、３kg粒剤の３倍量相当のものが入っていて、10aに投下される成分量は、殆どが３kg粒剤とほぼ同じになっている。１kg粒剤は一つ一つの粒が３kg粒剤より大きくなっていて、粒剤散布機による散布でより遠くへ飛ぶようになっている。

2) 500g粒剤、250g粒剤

500g粒剤は、2000年（平12）北海道水稲除草剤使用基準から、250g粒剤は2001年（平13）基準から掲載されはじめた。粒剤の拡散性などをさらに改良して、少量散布を可能にしたものである。

3)　フロアブル剤

この剤は、1992年（平４）北海道水稲除草剤使用基準にはじめて掲載された。除草剤の有効成分に水和性を持たせ、水などの溶媒を加えて沈殿を生じないように製品化したもので、多くの剤が10a当たり500mlを散布する製品となっている。一部成分の関係で１㍓散布する必要のある製品しかできない剤もある。

フロアブル剤は、容器から直接水田に散布することができ、機械や道具を必要としない手軽さと、剤の種類が豊富になったことで普及が進み、道内水田の40％以上で使用されている。

4)　ジャンボ剤

1996年（平８）北海道水稲除草剤使用基準にはじめて掲載された。水中で拡散しやすくした成分を含んだ粒剤を、手で投げやすい大きさの袋に入れたものや、固形にしたものがある。一つ一つは30～60gで、通常10a当たり10個を投げ入れる。

5)　顆粒水和剤

この剤は、1997年（平９）北海道水稲除草剤使用基準にはじめて掲載された。有効成分を水に懸濁しやすい水和剤とし、水に拡散しやすい顆粒状にしたもので、製品は10a当たり40～60gのスティック状の包装になっている。使用するときは、250ml ～500mlの容器に水田水やかんがい用水を汲み上げて、その中に懸濁させて手で容器を振って散布する。

これらの新しいタイプの除草剤は、いずれも水に懸濁しやすく拡散しやすいことで、安定した除草効果を上げるようになっている。このため、次の点に留意して処理を行う。

①　表土剥離やアオミドロなどが多く発生している場合は、拡散が妨げられ除草剤の濃度ムラを生じて、薬害が発生したり効果が不十分になることがある。

②　田面に凸凹があって水深が浅かったり田面が露出する場合にも、同様なことが起こる。

③　漏水や水尻からの水の流出があったり掛け流ししている場合は、成分が薄くなって十分な除草効果が得られない。

使い勝手は良くなってはいるが、水管理を誤ると除草効果不足ばかりでなく、薬剤が河川に流出し、大きな環境問題を引き起こしかねないので、水管理には万全をつくすことが大切である。

（道総研上川農業試験場研究部地域技術グループ　研究主幹　古原　洋）

7　病害防除

はじめに

近年、水稲では育苗時の病害として褐条病、ばか苗病などが、本田での病害としていもち病が重要となってきている。さらに、苗立枯細菌病、もみ枯細菌病、葉しょう褐変病、紋枯病などが、ときに多発して局地的な被害を与えることがある。

これらの病害の防除に当たって最も大切なことは、薬剤防除のみを防除の重点とすることなく、まず丈夫な作物を栽培することである。

現在の栽培指導の中で、土作りを基本として、側条施肥などによる地力窒素の制御による減肥、ケイ酸質資材の施用などによる肥培管理、透排水性不良田における稲わらの搬出など、良質米生産のための技術は、そのまま病害に罹りにくい稲体を育てることに通じる。

これらを基本として、病原菌生息環境の清浄化（除去）、圃場清掃、健全種子の使用、耐病性品種の栽培など、総合的な対策を講ずることが望ましい。

特に耕種的防除であるが、病原菌を水田やその周辺に「残さない、持ち込まない、増やさない」ことが重要である。

しかし、病害の種類によっては、これら耕種的対策だけでは効果が十分でない場合が少なくない。そこで、補助的な手段として農薬の併用が必要となる。

農薬による防除に際して、いくつかの今日的課題に触れたい。その一つは、圃場観察（発生モニタリング）による発生動向の把握と、発生予察情報・発生予察システムの利活用である。それに基づいて適期防除を行うことにより、最小限の農薬で最も効果的な防除が可能となる。その実例として、後述するいもち病の発生対応型防除や初発予測システムBLASTAMの活用がある。

次に要防除水準の考え方とその利用の重要性である。病害の撲滅という従来までの考え方はコスト的に、あるいは環境への配慮から無理なことが明らかとなってきた。今後は、ある種の病害との共存は不可避であり、経済的な被害レベルと、防除効果を評価した被害許容水準の設定が必要である。

もう一つは、総合防除の考え方である。難防除病害虫は、一つの手段では実用的な防除を達成することが困難である場合が多い。病原菌の生態に合わせた耕種的対策、生物的防除、薬剤防除等を総合的に組み合わせた対応に心がけたい。

(1) 苗立枯病

病原（かび）	*Fusarium roseum* f. sp.*cerealis*	*Fusarium solani*
	Rhizopus spp.	*Trichoderma* spp.
	Rhizoctonia solani	*Pythium graminicola*

1) 発生状況

箱育苗で発生する。被害の程度は環境や菌種によって左右されるが、近年ではピシウム菌によるもの（通称「ムレ苗」）が多い。その他に床土pHが極端に低いと、トリコデルマ菌によるものが発生することがある。成苗ポットおよび人工床土の普及によって発生は減少傾向にあるが、育苗管理を誤ると多発して苗不足になることから、十分な注意が必要である。

2) 病　　徴

多数の病原菌が知られており、病徴もその種類によって異なる。

ア　ピシウム菌:育苗後半に発生することが多い。根は褐変して、葉はこより状に巻き上がり、「ムレ苗」と称する立枯症状を示す。籾の周囲にカビは見えない（写真Ⅷ－１）。

イ　フザリウム菌：地上部は立ち枯れ症状を示し、根は褐変して伸長が悪い。やがて萎凋し、黄化、枯死する。籾に白色～淡紅色のカビが見られることがある（写真Ⅷ－２）。

ウ　リゾープス菌：全面が白いカビで覆われる。籾の周囲に白い菌糸の層を形成する。根数は

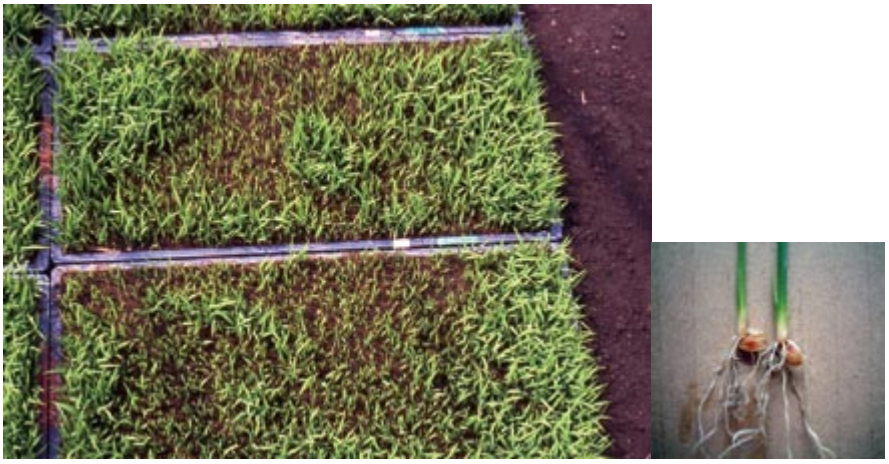
少なくなり、根の先端が肥大して伸長が止まる。生育は極端に不良となり、被害が激しい場合は萎凋、枯死する（写真Ⅷ－３）。

エ　トリコデルマ菌：葉の黄化が特徴であり、生育は不良となる。枯死する場合もある。床土の表面や籾の周囲に、最初白色でやがて青緑色に変わるカビを密生する（写真Ⅷ－４）。

オ　リゾクトニア菌：移植直前に発生する。下葉や葉鞘が灰緑色となって、べとべとに腐る。クモの巣状の菌糸が絡みつくことが多い。

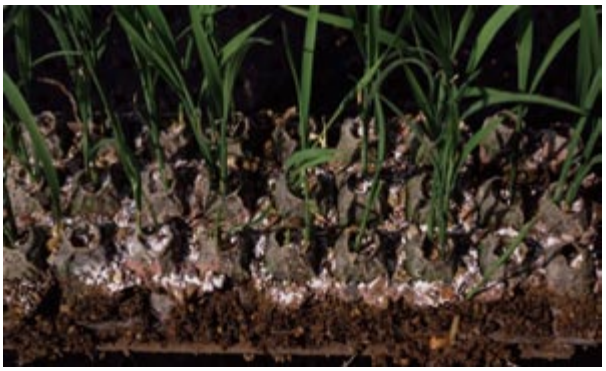
いずれの菌も土壌中に生息し、土壌伝染が主体である。ただし、リゾープス菌、トリコデルマ菌は空気伝染もあり、汚染された育苗箱も伝染源となる。

写真Ⅷ－１　ピシウム菌によるムレ苗症状



写真Ⅷ－２ フザリウム菌による立ち枯れ症状と赤いカビ

写真Ⅷ－３　リゾープス菌による白カビの発生（左は正常）



写真Ⅷ－４ トリコデルマ菌の発生状況

3) 発生環境

発生環境は病原菌の種類で異なるが、一般には育苗期間中の低温や、日照不足、床土の過湿などによる生育不良時に発生しやすい。不適切な温度管理、潅水過多などの栽培的な原因が多く、適切な育苗管理を行えば発生しない病害である。

特にフザリウム菌はpH5.5以上の床土の使用や、緑化期の低温（10℃以下）など、リゾープス菌は厚播や傷籾の過多、高温出芽（32℃）などが多発要因として知られている。

さらに、トリコデルマ菌ではpH4.0以下の床土の使用や、ペーパーポット栽培など、ピシウム菌では緑化期以降の低温（10℃以下）や、潅水過多が発生を著しく助長する。

4) 防 除 法

健苗育成の技術はすべて防除に繋がる。耕種的な防除が第一で、薬剤防除は補助的手段とする。

① 育苗中の温度管理に注意し、極端な低温（10℃以下）や高温（32℃以上）にしない。
② 潅水は過不足なく行い、特に過潅水を避ける。
③ 床土は砂壌土～埴壌土を使用し、粘土質を避ける。pHは4.0～5.0に調整する。
④ 種子は傷籾が少なく、玄米の混入していないものを用い、厚播を避ける。
⑤ 育苗箱などの資材は良く水洗する。
⑥ 土壌混和や土壌灌注などの薬剤防除を行う。

(2) 褐 条 病

病原　*Pseudomonas avenae*　（細菌）

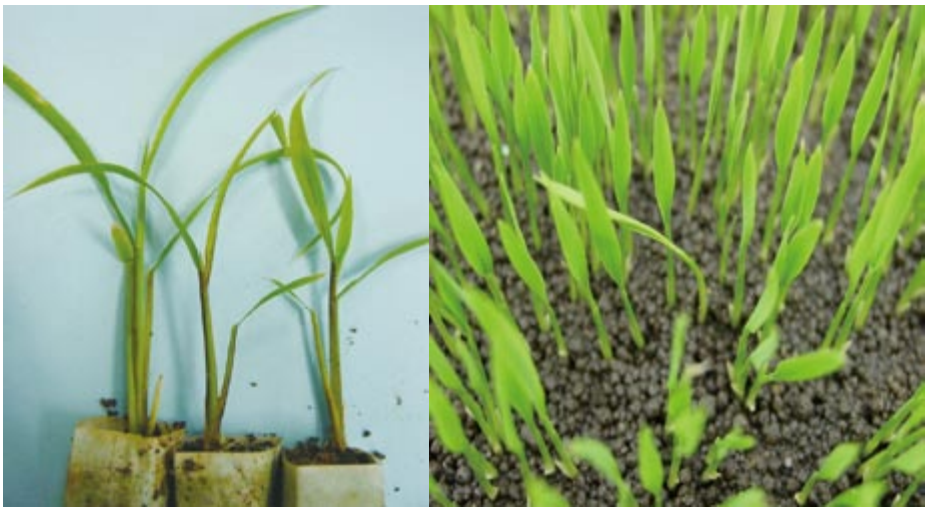
1) 発生状況

1985年（昭60）以降、循環式催芽期の普及にともなって全道的に発生が急増した。重症の発病苗は枯死するため、成苗ポットなどの播種量の少ない育苗様式では、移植時の欠株の原因となる。

2) 病　　徴

育苗期の苗に発生する。発病苗は育苗箱内に籾単位で均一に散在し、坪状に発生することはない。その名の通り、苗の葉鞘や葉身に褐色、水浸状の条斑を生ずるのが特徴である。

発病苗の生育は劣り、２葉期までに発病した苗は枯死することが多い。枯死しないまでも苗の生育は不揃いとなるため、苗質を低下させる。発病苗の中には、葉鞘の基部あるいは苗全体がわん曲して、いわゆる「腰まがり」症状を起こすものもある（写真Ⅷ－５）。



写真Ⅷ－５ 褐条病の症状と腰曲がり症状（右）

3) 発生環境

本病の病原細菌は種子伝染する。枯死に至らなかった発病苗は本田に移植され、病原菌が潜伏したまま生育を続ける。その後、出穂とともに籾に侵入して保菌種子となる。

本病は循環式催芽器の使用で多発する。その理由は、保菌籾がわずかでも混入していると、病原菌は温水中で旺盛に増殖して、健全籾に伝染することによる。温水を循環させない静置催芽や、出芽器を利用した蒸気催芽では著しく発生が減少する。

箱育苗での本病の発生は出芽温度とも関係があり、32℃で多発し、これより低い温度では発生は少ない。そのため、出芽時に出芽器を使用することで発生が助長される。出芽以降の高温多湿によっても発病が助長されるが、発病苗から健全苗への二次感染によって蔓延拡大することはない。

4) 防 除 法

① 循環式催芽器を使用する場合は必ず食酢を併用する（ⅩⅢ．４参照)。
② 種子消毒を励行する。温湯消毒の効果は不安定なので注意する（ⅩⅢ．４参照)。
③ 出芽に際しては出芽器を使用しない。
④ 高温多湿にならないように適切な育苗管理を行う。
⑤ 発病苗は移植しない。

(3) 苗立枯細菌病

病原 *Pseudomonas plantarii* （細菌）

1) 発生状況

1990年（平２）に空知地方を中心に多発し、その後も道央部を中心に発生が拡大した。近年は循環式催芽器の不使用や、効果的な種子消毒法の定着により少発生に経過しているが、一度発生すると苗が全面枯死することも珍しくなく、その被害は甚大であることから、今後とも発生には注意を要する。

2) 病　　徴

播種１～２週間後の５月上旬になって発生に気づくことが多い。最初、苗の本葉第２葉、時には第１葉の葉身基部が白化または黄白色化するのが特徴である。

その後の発病進展は急激で、発病苗はしおれ、全体が針状になって乾燥枯死する。しかし、発病期に葉鞘基部が腐敗することはなく、これがもみ枯細菌病との違いである。根の生育は極端に劣る。最初、育苗箱内では坪状に発生し、その後は潅水とともに箱全体に及ぶ（写真Ⅷ－６）。

写真Ⅷ－６ 苗立枯細菌病の葉の白化と針状症状（右）

3) 発生環境

病原細菌は種子伝染を主体とし、浸種、催芽、出芽などの過程で健全種子に伝染するほか、潅水により健全苗に二次感染する。そのため、中苗マットでの蔓延は激しく、成苗ポットではその構造上、比較的軽微な被害となる。

発病最適気温は30～34℃であり、高温多湿で多発することから、育苗管理方法の違いが発病被害に著しい影響を与える。すなわち、多潅水や被覆期間の延長は発病を促進し、逆に低温や土壌の乾燥は抑制的となる。

4) 防 除 法

① 効果的な薬剤を選択して、種子消毒を励行する。
② 低水温での浸種は十分に時間をかけて行い、その後の催芽、出芽時間の短縮を図る。
③ 出芽の過程で出芽器を使用しない。
④ 出芽後のハウス内温度を25℃以下に保つ。その後も苗の生育段階に合わせた適切な温度管理を徹底し、さらに移植前の高温は避ける。
⑤ 潅水は晴天時の早朝に行うことが望ましい。その際、潅水量は必要最小限にとどめ、潅水後の被覆は避ける。
⑥ 発病苗は活着が著しく劣るため、移植しない。

(4) もみ枯細菌病（苗腐敗症）

病原　*Pseudomonas glumae*　（細菌）

1) 発生状況

この病害は、もみ枯症状を起こす穂枯れ性病害として九州で発見されたが、東北地方、北海道を含む北日本では本来のもみ枯症状は見られず、育苗時の苗腐敗症が問題となる。

1991年（平３）に本道で初めて発生が確認された。前後して確認された立枯細菌病と同様に、近年は効果的な種子消毒剤の適用によって少発生に推移しているが、一度発生すると大部分の苗が枯死するため、被害が大きいのが特徴である。

2) 病　　徴

発病の初期には苗の葉鞘が地際部より褐変し、のちに苗全体が黄褐色～褐色となって腐敗枯死する。本葉第２、第３葉基部に白化を伴う場合もある。

発生は腐敗苗を中心に坪状に起こり、育苗箱内の苗が坪枯れすることが多いが、激しいときには全体が腐敗枯死する。症状が軽い場合には枯死せずに生き残る苗もあるが、その後の生育が不揃いとなり、移植後も生育が不均一となる。

本病と苗立枯細菌病の識別は困難とされるが、苗立枯細菌病は、発病初期の苗では葉鞘部分が腐敗することはなく、末期には苗が赤茶けて枯死するのが特徴である。

3) 発生環境

本病菌の生育適温は30～35℃であり、発病環境は苗立枯細菌病と極めて類似する。なお、育苗箱内の播種密度が高いほど、窒素肥料が多いほど発病が多くなるので注意する。

4) 防除法

基本的には苗立枯細菌病に準じた防除法が有効である。ただし、発病苗から出穂後の籾に感染するので、種籾は育苗期に発病が見られなかった水田から採種する。その他の防除法については、苗立枯細菌病の項を参照。

⑸ ばか苗病

病原　*Gibberella fujikuroi*　（かび）

1) 発生状況

種子伝染性の重要病害で、種子対策を怠ると突発するので、絶えず十分な注意が必要である。特に本病は種子の指定病害となっているので、採種圃で発生すると種子として使用できなくなる。

2) 病　　徴

症状は育苗期と本田の二つに大別される。育苗期では本葉２～３葉期の苗の黄化、徒長が典型的な症状である。発病苗は全身が顕著に徒長して軟弱となり、移植間もない時期に枯死する（写真Ⅷ－７）。

写真Ⅷ－７　本田のばか苗症状

育苗期に発病せず、潜伏感染していた苗は移植後に本田で発病する。移植後に徒長症状を示し、出穂前に枯死する場合が多い。枯死株は健全株に紛れて目立たなくなるが、茎、葉鞘、節などに白色～淡紅色の粉状のカビを一面に生じる。これが病原菌の胞子であり、開花期の籾に感染して次年度の伝染源となる。

3) 発生環境

保菌種子が唯一の第一次伝染源である。一般に高温多湿な箱育苗は病原菌の繁殖に好適であり、特に人工床土は蔓延しやすい。出穂期の高温は病原菌の活動そのものを、風雨は胞子の分散を促進して、いずれも籾への感染を助長する。

4) 防 除 法

① 種籾は無発病田から採種する。発病株は健全株に紛れて見過ごしやすいので注意する。
② 塩水選、種子消毒を励行する。
③ 稲わら、籾殻を苗床に使用しない。
④ 病株は早めに抜き取り処分する。

(6) 縞葉枯病

病原 *Rice stripe virus* （ウイルス）

1) 発生状況

ヒメトビウンカが媒介するウイルス病であり、1985年（昭60）のヒメトビウンカ異常発生を契機に、主要な稲作地帯で発生が見られるようになった。道内では留萌管内で初確認された病害であるが、近年は上川および渡島管内での発生が多く、防除対象病害となっている。被害許容水準は発病株率で10%、発病茎率で５％と推定されている。

2) 病 徴

通称「ゆうれい病」と呼ばれ、移植直後の若い稲が罹病すると、心葉がこより状に巻いて垂れ下がり、やがて枯死する全身病徴を示す。発病時期が早いほど被害が大きい。６月中～下旬の発病株は枯死するものが多く、枯死を免れた発病茎は無効茎や不完全穂となる。

生育が進んだものでは上位葉や穂だけに症状を示す。一般に発病時期が遅れるほど発病程度が軽くなるが、発病茎では正常出穂は少ない。

病徴は感染時期によってやや異なるが、基本的には葉身の基部に黄～黄白色の縞状のかすり模様が見られる。

3) 発生環境

本病は種子伝染せずヒメトビウンカによって媒介される。ウイルスに対する稲体の感受性は若いほど高く、止葉期以降に接種しても発病しない。感染した稲は10～20日間の潜伏期間を経過した後に発病する。その潜伏期間は高温や若い生育段階のときほど短くなり、症状も激しくなる。

4) 防 除 法

本病の防除法については「ヒメトビウンカ」の項を参照のこと。

(7) いもち病

病原　*Pyricularia grisea*　（かび）

1) 発生状況

水稲の最重要病害の一つであり、温暖化傾向にともなって、本道も発生に好適な地域となることも予想されるので、今後は注意が必要である。本病が多発すると減収被害が大きく、特に出穂前のずりこみ症状や、白穂を生じた場合には著しい被害となる。

近年は抵抗性遺伝子*Pi－i*を侵すレース（033、037など）の広範な出現により、現行の基幹品種は軒並み抵抗性が「中～やや弱」に位置づけられ、特に高温年には防除を徹底する必要を生じている。発病部位によって、苗いもち、葉いもち、穂いもち、節いもちなどと呼ばれているが、いずれも同一の病原菌によるものである。本道では従来、苗いもちの発生は稀であり、本田での防除が主体であったが、近年は移植直後の発生を見ることも少なくなく、発生様相に変化が見られる、(309ページ、資料４参照)。

2) 病　　徴

いもち病は、病徴（病斑型）と稲の抵抗力に密接な関係があり、薬剤防除の要否や緊急性など、防除対策の上で大切な指標となる。

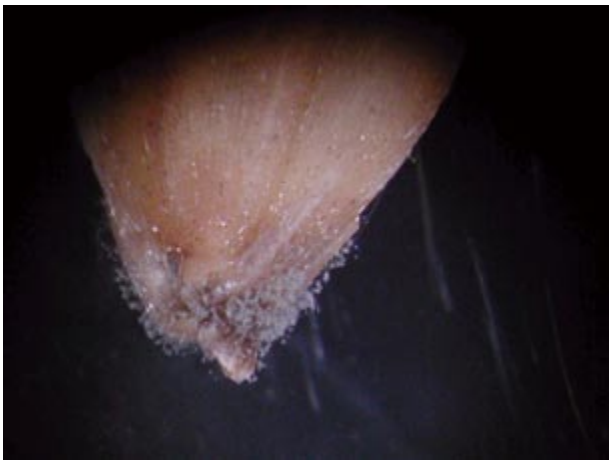
「葉いもち」（苗いもちを含む）は、一般的に７月上～中旬ころから発生する。病斑ははじめ暗緑色の小さな斑点が生じ、次第に大きくなって内部は灰白色、周囲は赤褐色、外周が黄色の病斑となる。これが典型的な病斑で「慢性型病斑」と呼ばれ、その上に形成された胞子が葉いもち、穂いもちの伝染源となる。稲の抵抗力が強いときには微少な褐点にとどまり、「褐点型病斑」と呼ばれる。これは胞子を形成することはない。しかし、稲体が著しく罹病性のときには「急性型病斑」となる。これは、水浸状、円形～楕円形、灰白色～暗緑色の病斑で、胞子形成量が夥しく、伝染源として最も恐ろしいものである。

「穂いもち」は穂首いもち、枝梗いもち、籾いもちなど穂が侵された症状の総称であり、穂首または枝梗に褐色～黒色の病斑を生じて、結果的に白穂や稔実不良となる。出穂間もない時期に侵されるほど被害が大きくなる。「節いもち」は節全体が黒変して、折れやすくなる症状を示す。

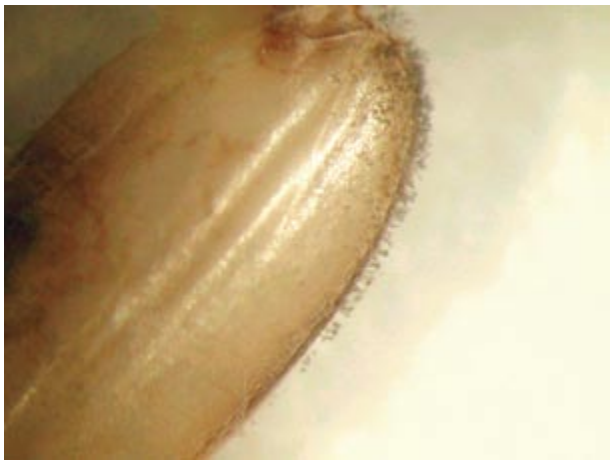
3) 発生環境

第一次伝染源は保菌種子（写真Ⅷ－８、写真Ⅷ－９）または育苗ハウス内外の保菌籾殻・わらである。保菌率の高い種子を使用したり、ハウス内外に前年度の罹病籾がらを散乱させた場合、育苗期間中の発病は本道では一般的に見られないが、保菌苗率が高まり、その後の移植後の発病が著しく早まる（図Ⅷ－23）。

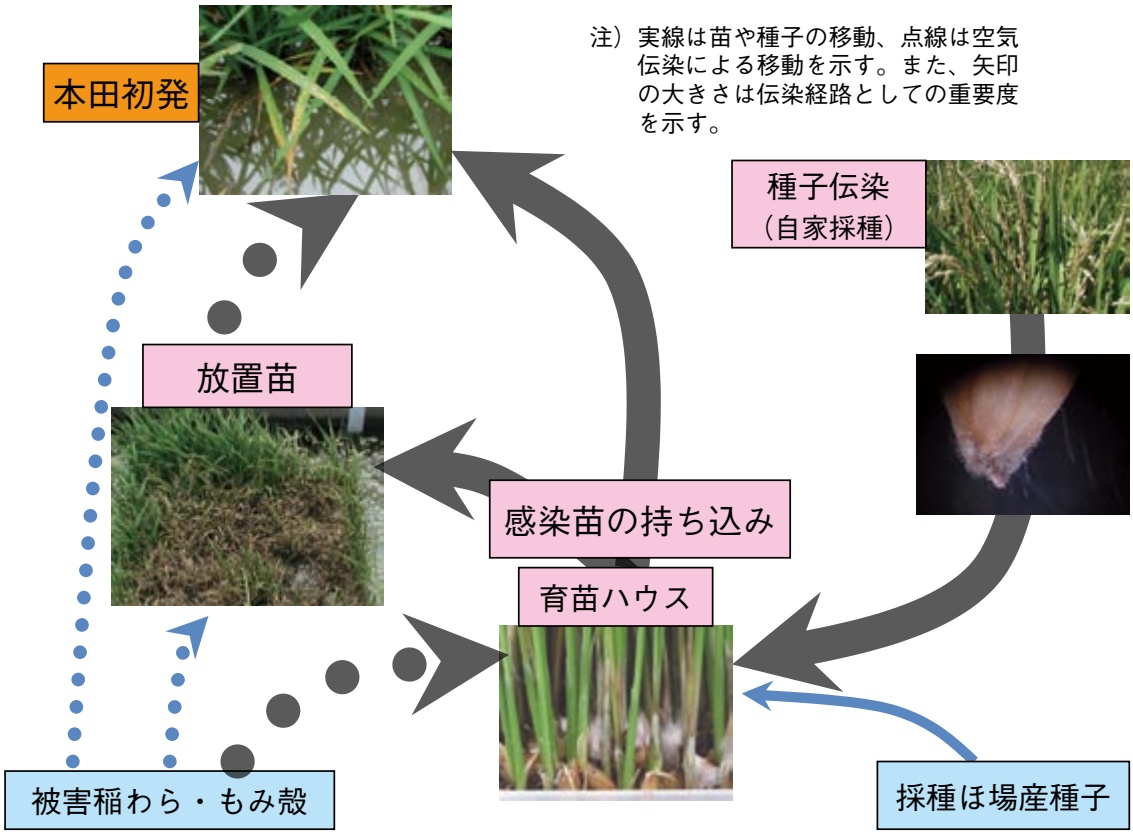
本病の発病適温は20～25℃とされ、初発危険期は平均気温で20℃、最低気温で16℃に達した時である。病原菌が侵入してから発病までの期間を潜伏期間というが、葉いもちでは温度に左右されるが普通５～７日である。



写真Ⅷ－８　籾の護穎部に形成した胞子



写真Ⅷ－９　玄米に形成した胞子



図Ⅷ－22　いもち病の主要伝染経路

日照が不足すると稲体の抵抗力が低下し、発病を助長するほか、降雨は病原菌の侵入に不可欠である。降水量よりも葉の濡れている期間の長いことが感染に重要である。

泥炭土壌では窒素供給が過多になるため、透水不良田では根腐れを起こすため、いずれも抵抗力を弱めて発病しやすくなる。窒素肥料の多用は同様の理由と、過繁茂によって多湿環境を作るため、著しく発生を助長する。

地形的には、周囲を山で囲まれた川沿いのように露が乾きにくいところ、風通しの悪い水田、

周囲の物陰で日照不足になる水田では多発しやすいので、特に注意が必要である。

さらに本病は品種の抵抗性によって発生が大きく左右される。品種の持つ数種の抵抗性遺伝子に対応した病原菌のレース（菌型）が存在し、その時点での優占レースが変わった場合には品種の抵抗性が著しく変動する。そのため品種が変わったときには発生に注意する。

5) 防 除 法

圃場衛生、適切な肥培管理、品種の選択などの総合的な防除対策が重視される病害である。特に前述のように、保菌種子・籾殻に由来する発病が主体であり、その点に関する防除対策は重要である。

ア 伝染源対策

① 前年度の被害わらや籾殻などの主要な伝染源を適切に処分し、育苗ハウスや圃場周辺に放置しない。

② 健全種籾（市販の購入種子）を使用し（図Ⅷ－23）、自家採種籾は塩水選を励行する。

③ 本病に効果の高い薬剤または温湯消毒による種子消毒を徹底する。

イ 耕種的対策

④ 常発地では耐病性の劣る品種の作付けを避けるのが望ましい。

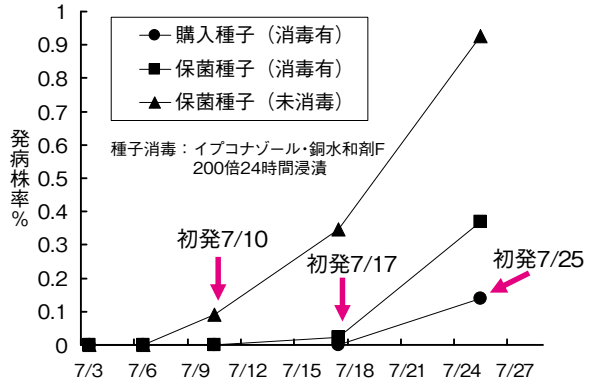
⑤ ケイ酸質資材の施用に努め、透排水性を改善するなど健全な稲体の育成を目標に栽培する。

⑥ 標準施肥量を厳守し、特に窒素肥料の多用は絶対避ける。

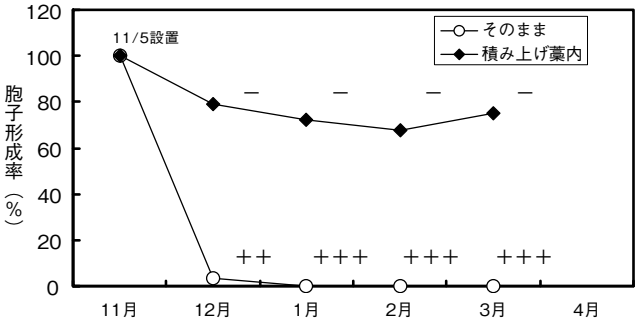
⑦ 本田収穫後のわらは積み上げずに薄く土壌表面に拡散して越冬させる（図Ⅷ－24）。

ウ 薬剤防除

⑧ 育苗箱施用剤、水面施用剤、茎葉散布剤による防除



図Ⅷ－23 本田における発病株率の推移
（上川農試 2002）



図Ⅷ－24 積雪下におけるいもち病菌の越冬状況（上川農試 2000～2001）

濡れ程度；－（湿気が少しある）、＋～＋＋＋（濡れ少～多）

万一、育苗時に苗いもちの発生が見られた場合には、発病した育苗箱を速やかにハウス外に搬出し、焼却するか土中に埋める。その後薬剤散布を行う。

やむを得ず、発病ハウスの苗を移植する場合には育苗箱施用剤を使用する。さらに発病に好適な気象条件が予想される時には、水面施用剤を発病前に施用する。なお、水面施用剤の効果

については後述する（ＸⅡ．２参照）。

保菌苗に起因する早期の発病は、その地域の広範な発生源となることから、移植後は周辺圃場の観察を徹底する。

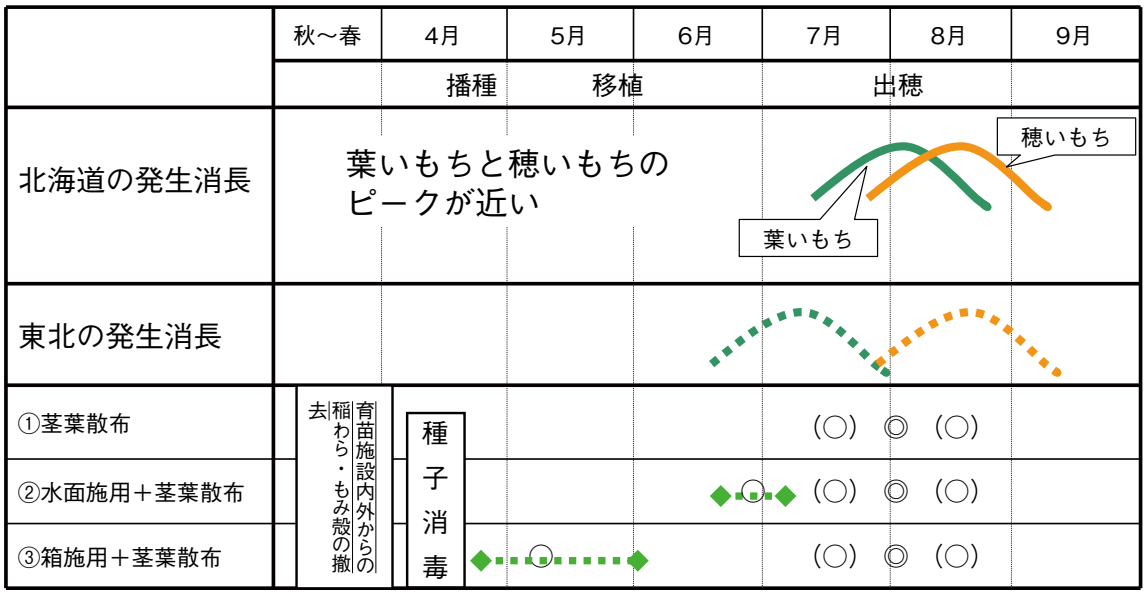
健全苗を移植した圃場では、一般的には葉いもち病からの対応となる。常発地以外では、葉いもちは発病前から薬剤を散布する必要はない（図Ⅷ－25）。

最低気温が16℃を超える頃（一般的には７月中旬、高温年には７月上旬）から、降雨があった５～７日後に水田を観察し、株間をかき分けて下葉に病斑を見つけた場合には薬剤散布を行う。防除は初発後でも間に合うが、この初発の速やかな確認が最も重要である。

例年発生しやすい圃場をあらかじめ把握しておくか、本病に弱い品種の観察を重点的に行うと、初発の見過ごしが少なくなる。さらに初発予測システム（BLASTAM）を利用することで、その精度を高めることが可能である。

次は穂いもちの防除時期となるが、穂いもちは発病してからの防除では被害を抑制できない。出穂後間もない時期に感染するほど被害が大きくなるので、基幹防除として出穂期には必ず１回薬剤散布を行う。その後も圃場観察を徹底し、さらに葉いもちの増加、または穂いもちの発生が見られた場合には、その10日後を目途に追加散布を行う。

天候が不順で雨の多い年は葉いもち、穂いもちの防除適期を逸することがないように、柔軟な散布方法で対応することが必要である。



注）○：水面施用は6月下旬～7月初旬、箱施用は播種時～移植時に実施、（○）：発生状況に応じて実施する防除（臨機防除）、
◎：必ず実施する防除（基幹防除）

図Ⅷ－25 いもち病の発生パターンと防除体系

⑻ 葉しょう褐変病

病原　*Pseudomonas fuscovaginae*　（細菌）

1） 発生状況

本病の発生の歴史は古く、1918年（大７）に道北地方で多発したが、1962年（昭37）になっ

て病原細菌が特定された。低温年に特有の病害であり、1976年（昭51）には東北、北陸地方でも発生が認められ、近年では1993年（平５）の多発生が記憶に新しい。

2) 病　　徴

病徴は大きく分けて、移植後の苗に発生する苗腐敗（不定性腐敗）と、穂ばらみ期～出穂期に特徴的な止葉葉鞘及び穂の褐変腐敗の二つに分けられる。

苗腐敗は移植苗の水際部葉鞘に、最初は暗緑色、水浸状の微細斑点が現れ、後に拡大して黒褐色～灰褐色の幅広い条斑を生ずる。葉身はしおれ、軟化腐敗して容易に引き抜ける。発病部位は独特の悪臭を発する。

穂・葉鞘の褐変腐敗は、止葉の葉鞘に暗緑色水浸状で周辺部が不明瞭な斑紋が現れる。病斑が古くなると褐色～灰褐色に変わる。発病穂の籾では最初は褐色の斑紋が現れ、その後は黒褐色～灰褐色となる。玄米でも褐色の斑紋が現れ、激しく侵されると茶米となり、玄米品質を損ねる。

低温年で激しく侵された穂は「出すくみ」症状となるが、これはみごの下部組織が壊死するため、伸長が阻害されて穂が抽出できないことによる。

苗腐敗では移植後の、葉鞘褐変では穂ばらみ期の低温によって稲の生育が停滞することにより、病原菌の増殖が促進されて発病が助長される。

3) 発生環境

穂ばらみ期の低温が最も重要な発病要因である。移植期、施肥量との直接的な関係は認められない。品種間にも本質的な抵抗性の差も従来は認められなかったが、近年は明らかに発病の多い育成系統が認められている。

4) 防 除 法

① 生育遅延を生じさせない肥培管理、水管理を行う。

② ケイ酸質資材の施用により発生を軽減できる。

(9) 紋 枯 病

病原　*Tanatephorus cucumeris*　（かび）

1) 発生状況

本州以南の暖地で被害の大きい高温性病害である。本道でも、夏に高温多湿な年に発生することがあるが、発生する水田は固定化していることが多い。通常は発病が水際の下部葉鞘にとどまるが、止葉葉鞘まで及ぶと減収する。

2) 病　　徴

本道では、穂ばらみ期から出穂期にかけて初発する。はじめ水際部の葉鞘に暗緑色の小さい斑点が現れ、さらに進むと、周辺が褐色で中心が灰白色の雲形病斑となる。まれに葉にも同様の病斑を生ずる。病斑は次第に上部に進展する。

病斑が古くなると、最初は白色の菌糸の塊ができ、やがて直径１～３mmのジャガイモ形の

淡褐色の菌核を生ずる。これが地上に落下し、次年度以降に水面に浮上して伝染源となる。

3) 発生環境

病原菌の生育適温は28～32℃と高いのが特徴である。そのため盛夏に発生が多く、高温が遅くまで続く年は注意が必要である。湿度も高いほど発病が助長される。そのため、山際や山林に囲まれた風通しの悪い水田で発生しやすい。

栽培条件では、窒素質肥料の多施用はいもち病と同様に稲体の抵抗力を弱め、過繁茂によって株間の湿度を高めることから、著しく発病を促す。

また、代かき時にわらやゴミが集まるところや、風下の畦際では水に浮いた菌核が集まるため、発病が多い。温暖化が予想通り進行した場合には発生が懸念される病害の一つである。

4) 防 除 法

① 窒素肥料の多用を避ける。
② 極端な密植を避け、過剰分げつを抑制する栽培を行う。
③ 病斑が上位の葉鞘にまで及ぶような発病が見られたら、出穂期頃に薬剤散布を行う。

⑽ 褐 変 穂

病原 *Alternaria alternata* （かび）
Epicoccum nigrum （かび）

1) 発生状況

本症状は従来「さび籾」、「黒穂」などと呼ばれ、古くから発生が見られていたが、1980年代前半（昭50後半）に空知、石狩地方を中心に多発した。それ以降、「褐変穂」の呼称が与えられた経緯がある。現在でも道央部の偏東風地帯など強風地帯を中心に、年によって多発する。

2) 病徴と発生環境

出穂後間もない時期の籾に褐点が生じたり、籾全体が褐変する。その後、病勢の進展に伴って濃褐色から黒褐色になる。病徴の激しい籾の玄米は茶米となることが多く、品質低下の一因となる。

病原菌は複数のカビが知られており、その一つは紅変米の病原菌と同一である。いずれの菌も健全な稲体を侵すことはできず、衰弱または枯死したイネ科植物の茎葉に寄生して胞子を形成する。その胞子が空気伝染して感染する。籾の感受性は出穂直後に最も高く、出穂７日を過ぎると発病しにくくなる。その時期の穂が強風にさらされたり、低温に遭遇すると多発することになる。

3) 防 除 法

本症状に対する薬剤散布の効果は十分でないことから、耕種的な対策が重要である。

① 強風地帯では防風網の設置、ケイ酸質資材の施用が被害軽減に有効である。
② 畦畔雑草は出穂前に刈り取って除去し、圃場を清潔に保つ。
③ 適正な肥培管理、病害虫防除を行い、下位葉の衰弱、枯死を防止する。

⑾ 紅 変 米

病原　*Epicoccum nigrum*　（かび）

1) 発生状況

本道では古くから発生が見られており、1960年代（昭35頃～）に上川や後志地方で、近年では1980年代（昭55頃～）に上川、網走地方で多発して、品質低下を招いた。うるち米でも年によって発生するが、もち米の被害が大きいのが特徴である。

2) 病　　徴

玄米の表面に、基本的には赤褐色～紅色の斑紋を生じるのが特徴である。その色彩は病斑形成時の温度に左右されるが、立毛中の発生では褐色～赤褐色のものが多く、収穫後の発生では赤褐色～紅色が多い傾向がある。

病斑の形状も一様でなく、円形、雲形～不整形、点状、背部に沿って縦に長形のものなどさまざまであるが、近年、もち米では背部を中心とした褐色の横長な楕円形病斑、うるち米では通称「リング米」と呼ばれる玄米側部の赤色～赤褐色の円形斑紋が多い。

3) 発生環境

病原菌は、褐変穂と共通な糸状菌（カビ）の一種であるが、開花中の籾内に感染し、その後成熟しつつある玄米に侵入して病斑を形成する。病原菌は衰弱した植物組織を侵すため、成熟が進むほど発生が多くなる。その際、玄米水分が高いほうが感染が容易となり、症状も激しくなる。もち米で発生が多い理由は、うるちに比べて玄米水分の低下が緩慢なためである。

発病には籾周囲の湿度が大きな影響を及ぼす。刈り遅れによって夜間結露に長期間さらされる場合、収穫後の乾燥作業工程で滞留するなどの不具合のために、水分が速やかに低下しない場合などに多発するので、注意が必要である。

4) 防 除 法

褐変穂と同様に薬剤散布の効果は十分でないことから、耕種的な対策が重要である。

① 刈り遅れを避け、収穫後は速やかに乾燥させる。
② 乾燥工程での滞留などの不具合を防止する。
③ 割れ籾の少ない品種を栽培する。
④ 畦畔雑草は出穂前に刈り取って除去し、圃場を清潔に保つ。
⑤ 適正な肥培管理、病害虫防除を行い、下位葉の衰弱、枯死を防止する。

⑿ その他の病害

これまで北海道で発生する主要病害について述べたが、その他、一般的には発生が稀な病害、及び発生しても被害の軽微な病害について、発生状況と症状を解説する。なお、各病害の発生生態の詳細、及び防除法については他の文献等を参考にして頂きたい。

1) 黒すじ萎縮病

病原　*Rice black-streaked dwarf virus*　（ウイルス）

ヒメトビウンカによって媒介されるウイルス病で、本道では1992年（平４）に初確認されたが、現在は上川地方で発病が認められている。発病初期は生育がやや遅れる程度で、明瞭な病徴が現れないため、見分けが難しい。穂ばらみ期頃になると株全体が萎縮し、葉の裏側や葉鞘の表面、茎などにろう白色または黒色の隆起した条斑が現れる。また葉脈は曲がり、葉はねじれてしわができ、内側に巻くものがある。

2) 白葉枯病

病原　*Xanthomonas campestris* pv.*oryzae*　（細菌）

本道では、1981年（昭56）夏の集中豪雨によって石狩川水系の水田が冠水し、6,200haの発生面積を記録した。その後の発生は稀である。葉の縁に沿って淡黄色～白色の波状の条斑を生ずる。病勢の激しいときには、葉縁は水浸状、蒼白色となり、やがて葉は縮んで巻き、枯死する。罹病葉の葉縁部に黄色～黄褐色の小粘塊が見られることがある。

3) 褐色菌核病

病原　*Ceratobasidium setariae*　（かび）

紋枯病と同様に高温性の病害で、夏期が高温多湿の年に発生が目立つが、被害となることはほとんどない。株元の葉鞘に約0.5～1cmの褐色で楕円形の病斑を多数形成する。紋枯病に類似するが、個々の病斑は小さく、互いに融合する。枯死した葉鞘内に褐色の菌核を形成する特徴がある。

4) 黄化萎縮病

病原　*Sclerophthora macrospore*　（かび）

近年は用排水路の整備が進んだために被害は少なく、水田内の冠水部分に局部的な発生を見る程度となっている。移植後に冠水すると発生する。発病株は著しく萎縮し、退緑して、葉にかすり状の断続的な斑点を形成する。葉身は厚く、広くなる。症状が激しい場合には枯死に至るが、枯死を免れた茎の穂は出すくみ、奇形穂となって稔実しない。

5) ごま葉枯病

病原　*Cochliobolus miyabeanus*　（かび）

土壌改良や肥培管理の改善によって秋落ち田がなくなり、それに伴って発生は見られなくなった。葉に濃褐色、楕円形の病斑を多数生ずる。個々の病斑の周囲は黄色の部分で囲まれ、拡大するに従って灰褐色の大型病斑となり、同心円状の輪紋を生ずる特徴がある。穂が発病すると籾に褐変穂のような褐色病斑が現れ、稔実不良となる。

6) 褐色葉枯病

病原　*Metasphaeria albescens*　（かび）

各地で発生するが被害は見られない。出穂期前後から発生する。葉に生じた赤褐色の斑点が次第に拡大して、周辺がやや不明瞭な楕円形～菱形の赤褐色病斑となる。激しくなると下葉の葉先から枯れあがる。

7) 稲こうじ病

病原　*Claviceps virens*　（かび）

本道では高温年の病害で、道南や日高地方で稀に発生が見られる。乳熟期頃から発生し、普通は１穂に数個の被害粒がつく。収穫期近くには、この塊の上に黒色で不整形の菌核を形成する。

8) にせいもち病

病原　*Alternaria alternata*　（かび）

Epicoccum nigrum　（かび）

Cladosporium herbarum　（かび）

泥炭土地帯や強風地帯の水田で例年発生する。冷涼年に発生が多いが、被害はほとんどない。葉身に濃褐色で楕円形～不整形の斑点を生じる。病斑の大きさは数mmで、いもち病に見られる病斑周囲の壊死線を欠く。

9) 苗 腐 病

病原　*Pythium* spp.　（かび）

Achlya spp.　（かび）

Dictyucus spp.　（かび）

湛水直播や水苗代で発生し、箱育苗では見られない。多発すると十分な苗立ち本数が確保できなくなることから被害が大きい。発芽不良となり、発芽しても鞘葉から腐敗する。発病した籾は綿毛のような白いカビで覆われる。ピシウム菌は鞘葉から、アクリア菌は籾から侵入して腐敗させる。

表Ⅷ－32　主要病害診断のポイント

1）　育苗時に発生する病害
　ア）発芽不良で、種籾にカビが見られる…… 苗立枯病＊
　イ）軟弱に徒長し、枯死する…… ばか苗病＊
　ウ）葉がしおれて、枯死する…… 苗立枯病＊・褐条病・苗立枯細菌病＊・もみ枯細菌病

2）　本田で発生する病害
　①　葉に黄白色の縦縞を生ずる…… 縞葉枯病＊
　②　葉の縁が白く波形に枯れる…… 白葉枯病
　③　葉に斑点を生ずる
　　(a)　斑点は黒色で小さい…… 黒しゅ病
　　(b)　斑点は褐色
　　●　楕円形または不規則な病斑…… にせいもち病
　　●　楕円形で輪紋がある…… ごま葉枯病
　　●　紡錘形で縦にすじがある…… いもち病（慢性型）＊
　　●　非常に小さく、数が多い…… 斑点病
　　●　長楕円形、中央黒褐色…… 褐色葉枯病
　　(c)　暗緑色かネズミ色…… いもち病（急性型）＊
　　(d)　白色…… いもち病（稲体質極弱反応）＊

3）　茎・葉鞘の症状
　①　葉鞘に褐色斑紋
　　(a)　中心部灰白色の楕円形または雲形の大型病斑…… 紋枯病＊
　　(b)　止葉葉鞘に不規則な濃褐色の病斑（中心部灰褐色に変わることがある）…… 葉しょう褐変病＊
　②　茎下部が軟弱、内部に多数の黒色小型の菌核…… 小粒菌核病
　③　葉鞘に白色～桃色の粉状の胞子を生じ、枯死…… ばか苗病＊
　④　節の部分が黒色になる…… いもち病（節いもち）＊・赤かび病

4）　穂の異常
　①　穂が出すくみ、または奇形になる…… 縞葉枯病・葉しょう褐変病＊・黄化萎縮病・いもち病（穂いもち）
　②　穂首が黒褐色になり白穂になる…… いもち病（穂いもち）＊
　③　籾より大きい黒い塊を生ずる…… 稲こうじ病
　④　籾は黒く、合わせ目から黒い舌状のものが出る…… 墨黒穂病
　⑤　籾の合わせ目に淡紅色のカビが粘着する…… ばか苗病＊
　⑥　籾が褐変、または斑点を生ずる…… 葉しょう褐変病＊・ごま葉枯病・褐変穂（変色米）

5）全身の異常
　①　水際から腐敗する…… 苗腐敗病・葉しょう褐変病＊
　②　萎縮し、葉は黄白色、縦に白いかすりが連なる…… 黄化萎縮病
　③　軟弱に徒長し、分げつが少ない…… ばか苗病＊
　④　心葉は黄白色、巻いて垂れる…… 縞葉枯病＊
　⑤　倒伏する…… 小粒菌核病・紋枯病＊

＊は近年の重要病害

（道総研中央農業試験場病虫部長　田中文夫）

コ ラ ム

いもち病の大発生と防除対策

2010年（平22)、北海道の水稲は過去最大級の「いもち病」発生となった。特に穂いもち病の発生は､水稲作付け面積の半分に近い5万ha強で被害面積も過去最高となった（資料３）。2008年（平20）から発生が目立ち始め、年年倍増の勢いである。

2010年（平22）は感染好適日が多く出現し、葉いもち病の発生も例年より早くなり、気がついた時には蔓延してしまっていたところも多く見られた。また、登熟後半まで発病が続いたこと、水稲採種圃周辺でも多発生となるなど、採種圃産種子であっても「いもち病の保菌」が懸念され、その後の保菌率調査で少なからず保菌していることが確認された。

菌密度が高かったことから、通常の種子消毒では防除出来ない「玄米感染」している種籾もあるものと予想され、2011年（平23）の作付けに当たって「いもち病」に対する総合防除による封じ込め対策が指導された。

第一段階：通常の種子消毒＋ベンレート水和剤の使用（玄米感染防除）
第二段階：育苗箱施用剤または水面施用剤使用による葉いもち病予防
第三段階：耕種的防除と発生予察の徹底
第四段階：予察に基づく茎葉散布の徹底

いもち病の発生が甚大だった地域のいもち菌の検定結果、MBI－D剤耐性菌であることが北海道で初めて確認され、近くの採種圃場の菌の検定でも一部に耐性菌であることが確認されたため、MBI－D剤の使用を回避するよう指導が行われた。

8　虫害防除

水稲の害虫は日本全体で200種以上、北海道としては約100種が知られている。ここでは、北海道で発生する主要な害虫について記すこととする（主な害虫の写真はⅩⅢ　クリーン農業と稲作に掲載)。

⑴　イネミギワバエ（イネヒメハモグリバエ）

Hydrellia griseola（Fallēn）

1)　被　　害

北海道での多発記録を見ると、1942年（昭17）に道西部を中心に多発したのが初記録で、その後、1946年（昭21）に上川支庁管内、1950年（昭25）に留萌支庁管内、1954年（昭29）に全道で多発記録がある。以降、防除技術の普及等で1982年（昭57）に道央部で、1999年（平11）の浜益村、留萌支庁管内北部で多発記録があるのみである。

被害は幼虫が移植後初期のイネの葉肉に潜入し、始め直線的に、時間の経過とともに袋状に

食害する。１葉に数頭も食入すると、葉は完全に枯死し、発生が激しい水田では一面が苗腐れの様相を呈する。欠株や生育遅延を招き減収要因となる。

2) 習　　性

加害植物：イネ、オオムギ、コヌカグサ、スズメノテッポウ、クサヨシ、ヌカボ、
メヒシバ、ヒロハノドジョウツナギ等イネ科植物。

発生回数・越冬態：年６～７回、蛹・一部幼虫で越冬。

産卵：卵の形状は長径約0.7mm、長楕円白色で表面は多くの縦溝で覆われる。葉脈に沿って１粒ずつ表面に産み付けられる（イネハモグリバエは組織内に産卵）。水面に浮かぶ葉に好んで産卵。卵期間は５日内外。

幼虫：老熟幼虫は体長約４mm、乳白色～淡緑白色を呈する。幼虫は潜入し直したり、別の葉に移動する。第一世代幼虫の加害盛期は６月中旬、幼虫期間は10～14日間。

蛹：体長約４mm、米粒状で褐色～暗褐色。大半は食害した葉の中で蛹化する（イネハモグリバエは葉の表面で蛹化）。蛹期間は10日～２週間。

成虫：体長約2.5mm、翅長約2.7mm。全体に青灰色（イネハモグリバエは光沢ある黒色）、触角刺毛の枝分かれは５～６本（コトニミギワバエは８本）、翅脈は褐色（イネハモグリバエは黄褐色）で平均棍は黄色（イネハモグリバエは白色）。水辺や湿地を好む。水面低く飛翔し、水面を巧みに歩行する。黄色に誘引される。６月下旬以降（３回目）の成虫は、イネから他のイネ科植物へ移動する。

近似種にイネクキミギワバエ（イネクロカラバエ）*Hydrellia sasakii* Yuasa et Ishitani、コトニミギワバエ（トミオカミギワバエ）*Hydrellia isshiaca* Loewの加害が知られる。

3) 防　　除

耕種的防除：移植時に深植えや不要な深水を行わない。

薬剤防除：４月中～下旬または、５月下旬の水田周辺のイネ科植物での産卵状況を見て、例年より多いと考えられたら防除する。薬剤防除には育苗箱施用、水面施用、茎葉散布があるが、他害虫との同時防除が可能な薬剤が多いので、二重に使用することがないよう、病害虫防除基準を参照して薬剤を選択する。

(2) イネハモグリバエ

Agromyza oryzae（Munakata）

1) 被　　害

北海道での多発記録は、1941年（昭16）の上川･空知、1942年（昭17）の道西部、1952年（昭27）の上川・空知、1960年（昭35）の全道、1961年（昭36）の道西部、1969年（昭44）の道央部、1970年（昭45）の全道の７回である。なぜか、おおよそ10年周期で発生地域は異なるものの、2年連続している。1970年（昭45）以降は、防除技術の普及等により現在まで多発記録はない。

被害は幼虫がイネの葉肉内に潜入して袋状に食害するほか、成虫も産卵管で葉脈に沿った短い掻き傷をつくる（イネヒメハモグリバエでは見られない）。被害の主体は幼虫の加害である。

幼虫は通常１葉に１頭（イネヒメハモグリバエは複数）ずつ食入するので、被害部は葉の先端から１/３～１/２程度となり、葉身全体に及ぶことがないので、激発時でも株が枯死することはない。生育を遅延させ減収の要因となる。

2) 習　　性

加害植物：イネ、マコモ。

発生回数・越冬態：通常年２回、蛹越冬。

産卵：卵の形状は長楕円で長径約0.6mm、乳白色である。掻き傷の下の組織内（イネヒメハモグリバエは表面）に、１～２個ずつ産み付けられる。若い葉を好む。卵期間は５～６日間。

幼虫：老熟幼虫は体長約5mm。白色で後に淡青緑色となる。第一世代幼虫の加害盛期は６月中下旬、幼虫期間は10～14日間。

蛹：体長約３mm。腹面は扁平で背面はやや隆起する（越冬型では背面の隆起が著しくなる）。緑色から褐色に変化する（越冬型のものは黒色）。葉の表面（イネヒメハモグリバエは被害葉の中）に付着した形で蛹化する。蛹期間は約２週間。

成虫：体長約2.5mm、全体に光沢ある黒色（イネヒメハモグリバエは青灰色）。翅脈は黄褐色（イネヒメハモグリバエは褐色）。平均棍は白色（イネヒメハモグリバエは黄色）。越冬蛹から羽化した成虫は移植直後のイネを好んで集まり若い葉に掻き傷をつくる。

近似種に麦の害虫として著名なムギクロハモグリバエ*Agromyza albipennis* Meigenが知られる。

3) 防 除 法

薬剤防除：移植直後のイネを観察し、掻き傷の多少から防除の必要性を判断する。薬剤防除には育苗箱施用、茎葉散布があるが、他害虫との同時防除が可能な薬剤が多いので、二重に使用することがないよう、病害虫防除基準を参照して薬剤を選択する。

⑶ イネドロオイムシ

Oulema oryzae（Kuwayama）

1) 被　　害

北海道の多発記録は1899年（明39）に道南で初めて記録され、以降1921年（大10）全道、1926年（大15）全道、1928年（昭３）上川、1930年（昭5）全道、1931年（昭６）上川・留萌、1935年（昭10）遠別で多発し、約35年間に７回もの多発があり、北海道の稲作主要害虫として位置づけられた。その後、防除技術の発達と普及により、おおよそ25年間は大きな問題とならなかったが、1961年（昭36）頃から薬剤抵抗性個体群（BHC･空知北部）が出現し、1964年（昭39）には空知・上川、1965年（昭40）には道央・道南で多発している。以後は、薬剤抵抗性個体群に対する適切な防除技術の普及等により、現在まで広範囲に大きな被害を受けた記録は、1983年（昭58）に全道での記録があるのみである。

成虫・幼虫ともに葉の表側を葉脈に沿って裏側の表皮を残しそぎ取るように食害する。食害部は細い帯状をなし、新鮮なものは白色であるが古くなると褐変する。幼虫の食害痕は成虫のそれより幅が広い。類似の食害痕を示すものにイネミズゾウムシ成虫、フタオビコヤガ若齢幼

虫がある。激発下（50卵塊／50株・以上）でないと減収に至らない。

2) 習　　性

加害植物：イネ、マコモ、サヤヌカグサなど。

発生回数・越冬態：年１回、成虫越冬。

産卵：長径0.8mm、幅0.4mmの長卵形。黄色→褐色→黒褐色と変化する。葉の表側に数粒～十数粒平らに並べて産む（卵塊）。卵期間は１～２週間。

幼虫：老熟幼虫の体長約4.5mm。腹部が盛り上がった洋なし型。頭部は黒褐色。胸・腹部は黄褐の地肌に黒褐色の前胸背板、腹部背面全体に剛毛を持った褐色小瘤を有する。通常胸・腹部に暗緑色の糞を背負う。幼虫の食害期間は６月下旬～７月上旬。幼虫期間は約3週間。

蛹：まゆの長径５～６mm、白色で表面が凸凹したやや扁平な卵形で、稲体の種々の部位に形成される。蛹期間は約２週間。

成虫：体長4.0～4.5mm、幅はその約１/２。頭部、腹面、翅鞘は光沢ある青藍色、前胸、脚は赤褐色～黄褐色。越冬成虫は移植後徐々にに水田に侵入し、６月中～下旬にピークを迎える。低温年には8月までイネを食害し産卵を続けることもある。

3) 防　　除

薬剤防除：防除要否判断のためのモニタリング法「虫見番」を利用する（273ページ、図Ⅻ－17）。薬剤防除には床土混和（育苗用土壌処理）、育苗箱施用、側条施用、水面施用、茎葉散布がある。

上川、空知、石狩、後志、胆振、日高支庁管内では、有機燐系及びカーバメート系薬剤に抵抗性個体群が確認されているので、合成ピレスロイド系または、ネライストキシン系薬剤を使用する。薬剤の選択と使用に当たっては、病害虫防除基準を参照する。

(4) ヒメトビウンカ

Laodelphax striatellus（Fallen）

1) 被　　害

本虫の多発記録は1968年（昭和48）以前にはなく、水稲の害虫として注目されたのは、同年に留萌支庁管内の小平町でイネ縞葉枯病が北海道で初めて発見されたことに始まる。年を追って道内水稲作付け地帯に発生が拡大し、ベクター（ウイルス媒介虫）として重要害虫に位置づけられた。

また、1984年（昭59）に道央で本虫が多発し、翌1985年（昭60）には上川・空知支庁管内で激発し、吸汁害による減収も確認され、ベクターとしての重要性にあわせて、激発時の吸汁害虫としても注目されるようになった。その後、1989年（平１）、1990年（平2）、1991年（平３）に３年連続で本虫が多発したが大きな被害とはならなかった。

被害は上述したように、ベクターとしてイネ縞葉枯病を媒介すること（病害の項参照）、稲体から成・幼虫が吸汁して、水分ストレスを引き起こし減収させるものとがある。吸汁害は、通常の密度では発生せず、夏期（出穂期以降）に株当たり成・幼虫50頭（20回振りすくい取り数で成虫換算1800頭、幼虫換算900頭）以上の激発条件下で発生する。このような激発条件下

では、すす病が発生し、葉の周辺部から黄化し、登熟不良、玄米の肥大抑制、屑米の増加を招く。

2) 習　　性

加害植物：イネ、ムギ類、トウモロコシ、イネ科牧草。

発生回数・越冬態：年２～３回。２～３齢幼虫。

産卵：長さ１mm、バナナ状で半透明白色、上部が僅かに見える程度に、葉鞘や葉の中肋の組織内に一列に数粒～十数粒ずつ産み付ける。

幼虫：成虫と類似し翅の欠如した形態で、俵型ないし菱形である。淡褐色で濃淡の斑紋（セジロウンカは灰色の体色に黒色斑紋）を有す。

蛹：不完全変態で蛹期間はない。

成虫：翅端までの長さ3.5～4.0mm、全体は淡褐色であるが、頭頂部の突出は弱く（セジロウンカは強い)、頭頂部の３条隆起線の間は黒色（セジロウンカは褐色)、雄ではこのほか前胸背は黒色（セジロウンカでは褐色で中央に白色斑）である。

3) 防　　除

耕種的防除：窒素質肥料の多用を避ける。

薬剤防除：吸汁害は激発条件下でないと発生しないので、出穂期以降すくい取り調査を実施して防除要否を判断する。

イネ縞葉枯病の防除には、畦畔防除、育苗箱施用、水面施用、茎葉散布がある。恒常的に発生する地域では発生度合いやヒメトビウンカの発生状況に応じて各種防除を組み合わせる。MEP剤は広範囲に、PHC剤は一部地域で抵抗性個体群の発生が確認されている。薬剤の選択と使用に当たっては、病害虫防除基準を参照する。

(5) セジロウンカ

Sogatella furcifera（Horvath）

1) 被　　害

本虫の多発記録は1903年（明36）に始まり、1924年（大13)、1929年（昭4)、1944年（昭19)、1946年（昭21)、1948年（昭23)、1955年（昭30)、1966年（昭41)、1969年（昭44）の9回ある。以降現在まで多発事例は見られていない。本虫は本道では越冬できない長距離飛来型害虫なので、道南や留萌支庁管内など本道日本海側での多発事例が圧倒的に多い。

2) 習　　性

加害植物：イネ、イネ科牧草。

発生回数・越冬態：７月～９月にかけて飛来し、早期に飛来したものは道内で1世代を経過する。越冬は出来ない。

産卵：長さ１mm、バナナ状で葉鞘など組織内に１列に数粒～十数粒産み付ける。

幼虫：若齢幼虫はヒメトビウンカと似るが、中齢以降の幼虫は菱形となり、灰色の体色に黒色の雲形斑紋（ヒメトビウンカは淡褐色濃淡の斑紋）を有す。

蛹：不完全変態で蛹期間はない。

成虫：翅端までの長さ4.0～4.5mm、頭頂部の突出は強く（ヒメトビウンカは弱い）、頭頂部の３条隆起線の間は褐色（ヒメトビウンカは黒色）、雄ではこのほか前胸背は褐色で中央に白色斑（ヒメトビウンカは黒色）である。移動に適した長翅型と増殖に適した短翅型が出現するが、本道では短翅型の出現は少ない。飛来は７月上旬～９月にかけて断続的に起こるのが主体であるが、近年は６月にも少数であるが飛来が見られるようになっている。

3) 防　　除

薬剤防除：発生予察情報に留意し、他害虫のすくい取り調査時に、飛来成虫の次世代の多発が確認されたら、幼虫期にヒメトビウンカに準じて防除する。

(6) フタオビコヤガ

Naranga aenescens Moore

1) 被　　害

過去の多発記録は見あたらないが最近になって、2000年（平成12）空知の一部地域で、2001年（平13）に全道で発生している。幼虫による食害であり、若齢幼虫の食害は白色かすり状であるが、中・老齢幼虫のものは葉縁から鋸歯状あるいは台形状の欠損となる。激甚な発生では主脈を残したささら状となることもある。

2) 習　　性

加害植物：イネ。

発生回数・越冬態：年３回の発生で、水田周辺や搬出した稲わら中で蛹越冬。

産卵：直径0.6mmで饅頭型。葉裏に数個～十数個産卵する。

幼虫：20～25mm、やや細長く、緑色で淡緑縦線を有す。

蛹：長径約10mm、緑褐色で葉身を三つ折りにして切り落とした中で蛹化する。

成虫：翅長約10mm、前翅は三角形で、黄褐色の地色に２本の褐色紋が斜めに走る。雄では褐色紋の幅が地色部分と同じくらいの幅となる。灯火に誘引される性質がある。

3) 防　　除

薬剤防除：７月下旬～８月下旬の他害虫のすくい取り調査時に、幼虫の発生が多い場合には防除する。他害虫と同時防除が可能であるので、薬剤の選択に当たっては二重三重に散布することのないよう留意する。薬剤の選択・使用に当たっては病害虫防除基準を参照する。

(7) ニカメイガ

Chilo suppressalis（Walker）

1) 被　　害

北海道での多発記録は、1939年（昭14）に始まり、1949年（昭24）に胆振支庁管内、1950年（昭25）、1961年（昭36）、1962年（昭37）に全道規模、1967年（昭42）に上川支庁管内の計6

回がある。その後は防除技術の発達、品種の変遷、農作業体系の変化等により、現在まで多発記録はない。

被害は、７月以降に幼虫が茎の内部を食害し、出穂前に食害された場合は芯枯茎や出すくみ茎となり、出穂直後のものは白穂となる。登熟が進んでからの食害では、食害部の変色が見られ、甚だしい場合はそこから折損倒伏する。また、若齢虫の集団加害では葉鞘が褐変枯死することもある。これら加害部には、幼虫や食害痕、虫糞、脱出孔等を伴うことが多い。

2) 習　　性

加害植物：イネ、トウモロコシ。

発生回数・越冬態：通常年１回の発生で、老熟幼虫で越冬する。

産卵：葉身に扁平な卵塊状に産卵され、初めは白色で次第に灰黒色へと変化する。

幼虫：体長20～30mm。やや細長いイモムシで、頭と前胸背は褐色、胴体は淡褐色の地色に５本の褐色縦線を持つ。茎の太い品種、高刈り、被害わらの放置等は幼虫の生存率を高め、多被害の原因となる。

蛹：５月～７月にかけ蛹化し、６月下旬～８月上旬に羽化する。

成虫:翅長10～13mm。翅は細長く､わら色の地色に僅かに黒点を持つ。頭頂部は円形に尖る。

近似種にニカメイガモドキ*Chilo hyrax*、オオバツトガ*Chilo christophi*があるが、識別には交尾器での鑑定が必要。この二種はイネに寄生しないと考えられている。

3) 防　　除

耕種的防除：被害わらを適正に処分する。

薬剤防除：通常栽培では、他害虫の防除で低密度に抑えられているため、多発することは少ない。多発が予想される場合は、成虫発生盛期とその７～10日後の２回薬剤散布する。薬剤の選択・使用に当たっては病害虫防除基準を参照する。

(8) アワヨトウ

Pseudaletia separate（Walker）

1) 被　　害

本害虫の多発記録は古くは1895年（明28)、1898年（明32)、1915年（大４）（いずれも被害作物･発生場所不詳）がある。引き続き1932年（昭7)、1935年（昭10）いずれも道西部の水稲、1939年（昭14）畑作物・発生場所不詳、1950年（昭25）に石狩支庁管内、1953年（昭28）に全道、1958年（昭33）に全道、1960年（昭35）に全道、1961年（昭36)、1962年（昭37）いずれも道西部の水稲に発生し、その後は、1971年（昭46)、1972年（昭47)、1981年（昭56)、1986年（昭61）に牧草を主体に全道的に発生した記録がある。近年は、なぜか水稲での多発記録はない。

幼虫が葉を食害し、若齢時には不規則な小穴状の食痕を生ずるだけであるが、老熟するにつれて暴食し、100頭以上／㎡の密度では、数日の内に全葉食い尽くし、イネの生育や登熟に甚大な影響を与える。本虫は長距離飛来性の害虫として著名で、中国南東部～東部の小麦地帯で発生した成虫が、低気圧や前線に伴う下層ジェット気流に乗って北海道に飛来する。中国での

発生状況や気流の方向によって飛来量は異なるが、多量に飛来した場合、北海道での被害は著しいものとなる。成虫は、糖蜜や灯火に誘引される性質を有するが、トラップとしては誘蛾灯より糖蜜誘殺の方が捕獲効率が高い。また、枯葉や堆積された乾牧草に潜り込んで産卵する習性もあり、中国では軒先に枯葉を束ねたトラップをつるして発生状況を把握している。

2) 習　　性

加害植物：イネ、ムギ類、トウモロコシ、イネ科牧草等イネ科植物。

発生回数・越冬態：通常年１～２回の発生。越冬は出来ない。発生源での成虫の発生は６月上～中旬と、７月末～８月中旬の２回。

産卵：直径約1mmの球形、黄白色～暗紫色。乾燥したイネ科植物の枯葉に卵塊（十数粒～350粒）で産み付けられる。

幼虫：高密度・移動型の群棲型と、低密度・定着型で単独型の２型がある。老熟すると35～40mmで、群棲型は黒～暗褐色、単独型は淡橙褐色。被害発生時の幼虫はほとんどが群棲型で、胴部背面に濃淡の縦線を有し、頭部は橙色で明瞭な黒色の「八」の字紋を配す。幼虫期間は約30日間、７～８齢を経て蛹となる。

蛹：体長18mmで茶褐色のヨトウガ蛹様の形状をなす。蛹期間は約15日間。地下２cm程の地中で蛹化する。

成虫：前翅の長さ約２mm、全体に灰褐色から淡赤褐色をなし、中央前縁側に２個の淡色紋を配す。

3) 防　　除

薬剤防除：発生予察情報に留意し、幼虫の早期発見に努め、若齢期に防除する。特に水害等で倒伏の多い水田では注意する。薬剤の選択に当たっては病害虫防除基準を参照する。

⑼ アカヒゲホソミドリカスミカメ

Trigonotylus coelestrialium（Kirkaldy）

1) 被　　害

本害虫の被害は、旧くは黒蝕米と言われ細菌病とされていたが、その後の研究で細菌は二次的に寄生するもので、アカヒゲホソミドリカスミカメの加害が主因であり、被害米を斑点米と称することとなった。

多被害の記録は1970年（昭45）に上川支庁管内で、1977年（昭52）に全道で、1978年（昭53）はアカヒゲホソミドリカスミカメの後期多発により全道的に、1984年（昭59）に上川で、1994年（平６）に全道的に、1999年（平11）に全道での記録がある。

成虫・幼虫ともにイネの葉・茎・穂を吸汁する。茎葉の吸汁は実害とならないが、登熟過程の籾が吸害された場合は、その傷口から細菌が侵入し、玄米の内部に達するため、精米後も斑点が残り、着色粒となって落等の原因となる。本虫は籾の鉤合の隙間から好んで吸汁する習性があるため、割れ籾率が高い品種ほど斑点米の発生が多くなる。イネ以外にも麦やトウモロコシの子実に類似の被害を出す。

2) 習　　性

加害植物：イネ、ムギ類、トウモロコシ、イネ科植物。

発生回数・越冬態：年３回の発生で、卵態で越冬する。

産卵：長さ約１mm、幅約0.3mm、淡緑色でバナナ状。数卵ずつ横に並べた状態の卵塊で、加害植物の葉鞘や葉舌と茎の間隙に産み付けられる。

幼虫：成虫と類似し翅のない形をしている。全体は緑色。中齢から終齢虫は胸部背面に、腹部方向に突き出た翅芽が認められる。また、背面に１個の黄斑を有する。

蛹：不完全変態で蛹時代はない。

成虫：体長４～６mm、幅約１mmで細長く、全体が緑色で触角が薄紅色である。ムギ類、イタリアンライグラス等で良く繁殖する。第１回発生時は水稲では繁殖せず、稲以外の食草で繁殖した第２回目の成虫が、出穂後の稲に飛来し吸汁加害する。

3) 防　　除

耕種的防除：畦畔や周辺のイネ科雑草で越冬増殖するので、雑草管理を適切に行う。

薬剤防除：出穂始めから水田内のすくい取り調査を行い、発生動向を把握して必要ならば薬剤防除を行う。薬剤散布の時期・回数については「環境保全対策－環境に配慮した農薬の使用－」を参照する。薬剤の選択に当たっては病害虫防除基準を参照する。

⑽ イネミズゾウムシ

Lissorhoptrus oryzophilus Kusched

1) 被　　害

本虫はアメリカからの侵入害虫で、日本では1976年（昭51）に愛知県で初めて確認された。北海道では1986年（昭61）に渡島支庁管内大野町で初めて確認され、その後、次第に発生地域を拡大し、現在では水稲栽培地帯のほぼ全域で発生が認められるようになった。成虫・幼虫ともに稲を食害する。成虫は葉を食害しイネドロオイムシに似た食痕を残すが、よほど高密度でないと実害はない。幼虫は根部を食害するため、稲の生育に与える影響は大きく、生育の抑制、茎数の減少、寄生数が多くなると生育停滞、下葉の黄化等を引き起こす。

2) 習　　性

加害植物：イネ。

発生回数・越冬態：年１回の発生。成虫越冬、水田畦畔が主な越冬場所、一部水田周辺の雑草、林地でも越冬する。自力での移動力は比較的小さい。

産卵：卵期間は約10日、長さ約0.8mm、乳白色でウインナーソーセージ状の形状をしている。水面下の葉鞘に口吻で穴を開け、その内部に産み付ける。

幼虫：水を入れたバケツに稲株の根を入れて洗うと、幼虫が浮いてくる。若齢幼虫はさらにふるいで濾して探索する。老熟幼虫は体長８～10mm、胴体は白色無脚、頭部に茶色の頭蓋を持つ。胴部背面はやや盛り上がり、６節に１対の棘状突起（ドルサルフック＝体の固定と呼吸）を持つ。幼虫は取り出すとC字状に湾曲する。体型が細長いことで、ネクイハムシやイネゾウムシ幼虫と識別できる。ユスリカ幼虫とは茶色の頭蓋の有無で識別する。幼虫期間は約１ヶ月

間。

蛹：根に付着した土まゆ中で蛹化する。土まゆは４～５mmで卵形をしている。蛹期間は２～３週間。

成虫：体長約３mm、地色は灰褐色で背面中央部に黒色の紋（稀にないものもある）がある。触角は赤褐色で、中脚脛節に長毛（遊泳時に使用）があるが乾燥した個体では見えづらく、水に浮かべて検鏡すると観察は容易である。イネゾウムシとの識別は背面の黒色紋と、中脛節の長毛の有無で識別できる。成虫は夕方以降を好んで飛翔する性質があるが、20℃以下では不活発で、北海道では野外で好適条件を満足することは少ないので、飛翔行動は不活発で、移動は歩行・遊泳が中心となる。成虫は深水条件の箇所を好んで産卵する。

3) 防　　除

耕種的防除：産卵に好適な条件を作らないために可能な限り深水を避ける。

薬剤防除：育苗箱施用、水面施用、茎葉散布がある。越冬成虫最盛期（６月中～下旬）に0.5頭／株に達するかどうかで、防除の要否を決定する。水田への侵入は歩行移動が主体であるので、畦畔沿いの防除（額縁防除＝中央部は防除しない）も有効である。薬剤の選択に当たっては、イネドロオイムシなど他害虫との同時防除可能薬剤が多いので、重複施用することのないよう、病害虫防除基準を参照する。

⑾ コブノメイガ

Cnaphalocrocis medinalis（Guenee）

1) 被　　害

多発記録は1927年（昭2）の道南地方を初めとして、1932年（昭7）に道西部で、1970年（昭45）に道南、1971年（昭46）に道央以南及び日高、1973年（昭48）に道央以南での記録がある。

本虫は移動性害虫で、７月～９月に本州以南から成虫が飛来する。幼虫が止葉や次葉を縦の筒状に巻き、その中で葉肉を食害する。１葉をある程度食害すると新しい葉に移動して、同様な食害を繰り返す。飛来時期が早いほど、飛来量が多いほど、生育が遅い稲ほど被害が多くなる。

2) 習　　性

加害植物：イネ、オオムギ、コムギ、ハダカムギ、エンバク。

発生回数・越冬態：道内では１回の発生で、越冬は不可能。

産卵：長径約１mm、扁平な長楕円で、葉裏に１～数粒産卵する。

幼虫：体長14～16mmの細長いイモムシ。体色は黄緑色で各節の気門付近に黒点を持つ。動きは活発で、巻き葉の展開時に下から抜け落ちることが多い。

蛹：体長約10mm。褐色で、巻き葉の中で蛹化する。

成虫：翅長８～９mm。翅形は三角で、黄褐色の地色に中央部に１～２本の濃褐色の条線を配し、外縁部は濃褐に縁取られる。

3) 防　　除

薬剤防除：１株の被害葉が数枚に達すると防除が必要と考えられるが、近年はこのようなレベルに達したことはない。多発時の対応としては、フタオビコヤガとの同時防除を行う。

（道総研中央農業試験場病虫部クリーン病害虫グループ　研究主幹　橋本庸三）

９　収穫及び乾燥・調製

稲刈り鎌やバインダで刈り取り、結束し、地干しや架掛け（はさがけ）で乾燥してから脱穀する風景は、試験研究など特殊な場合を除きほとんど見られなくなった。現在は自脱コンバインや汎用コンバインによる機械収穫、個別または共同調製施設における機械乾燥、籾摺り、選別が行われている。機械収穫では生脱穀を行い、速やかに乾燥を行うので架掛け乾燥のような追熟は期待できず、成熟した状態で、しかも過熟とならない時期を見定める技術が求められる。また、水稲作に必要とされるエネルギは約４×10^5kcal/10aと、小麦、大豆やばれいしょの1.5～２倍と大きい。中でも動力負荷の大きな耕うん・代掻きや収穫の占める割合は10～15％と多いが、最も多く消費するのは乾燥で全体の約40％を消費し、効率化の求められる作業である。コンバイン収穫と機械乾燥、調製の基本技術を解説するとともに効率的な乾燥法や省エネ技術について触れる。

(1)　収穫適期の判断

コンバイン収穫における収穫時期は米の品質を左右する重要な要因である。刈り取りが早すぎると未熟粒や青米が増加し、収量は減少する。一方、刈り遅れると着色米・胴割れ米が増加し、茶米の発生、玄米白度の低下につながり、倒伏等によってさらに品質が低下する。一等米を目標とするならば収穫、乾燥、調製後の整粒歩合が基準を満たすように刈り取り日を決定しなければならない。そのためには圃場ごとに籾の状態を把握して成熟期を予測し、試し刈りをし、乾燥させて籾摺し、玄米の組成を見て適期かどうかを判定する。以下に手順を示す。

1)　積算温度で成熟期を予測する。

出穂期以降の日平均気温の積算値が950℃に達する日を成熟期と予測する。積算値は品種や籾数の多少によって異なる。これから一週間後が収穫適期の目安と考えるが、あくまでも予想である。（詳しくは91～92ページ参照）

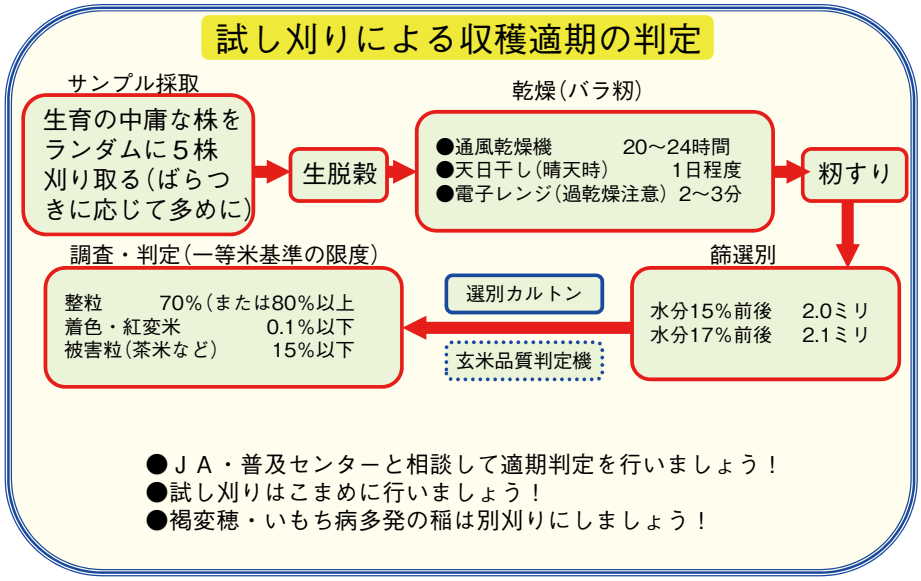
2)　籾の熟色によって成熟期を判定する。

積算気温により予測した成熟期が近づいたら、好天日に１株中の黄化籾の割合を目視で確認する。成熟期は全籾の90％が完熟籾となった時である。完熟籾かどうかは籾の付け根にある護頴が黄色になっていることで判断する。見る時は太陽を背にし、籾の裏側も忘れずに確認する。

3)　試し刈りをして玄米により収穫適期を判定する。

積算温度や籾の熟色で成熟期が近づいたら、試し刈りして玄米にし、整粒歩合で収穫適期を判断する。圃場の中で中庸な稲株を5株ほど試し刈りする、ばらつきの多い圃場では多めにサンプルを取るようにする。これを生脱穀して乾燥、籾摺し、篩ったあと整粒歩合を確認する。

整粒歩合が70％以上となれば収穫適期とみなす。確認は圃場ごとに行う。登熟は１日に２～３％進む（図Ⅷ－26）。



図Ⅷ－26　試し刈りによる収穫適期判定の手順

⑵　コンバインの調整・整備、清掃

コンバインは収穫作業を始める前に良く整備する必要がある。点検整備や調整にかけた時間は、収穫作業中のトラブルを最小限にとどめ、快調な作業で十分取り戻すことができる。機械を調整すれば収穫損失や損傷は少なくなるし、選別の良い籾は乾燥の仕上がりや品質も良い。

整備個所とその方法は点検整備マニュアルや取扱説明書に記載されている。自脱コンバインは自動方向制御、流量・速度の自動制御、刈り高さ、扱ぎ深さなどの自動調整装置など、構造が複雑なため点検整備箇所も多いが、事故を予防し、機械の性能を十分引き出すためにも、点検整備は必ず行う必要がある。

機械の清掃も重要である。夏、麦刈りに使用したコンバインは、異種穀粒の混入を防止するため、コンプレッサや掃除機を利用して、徹底的に掃除をする必要がある。水稲の品種が切り替わる時も同様である。

清掃は上から下へが基本で、意識しないと一度清掃した個所に再び穀粒が入り込みやすい。まず、シートを敷いて排出オーガ、グレンタンクを清掃し、掃除用フタやカバーを取り外し、還元装置、脱穀装置、選別部とカッタを清掃し、外したカバーなどを清掃し、カバーを取り付ける。カバーの着脱レバーの裏側、フィードチェーンや排わらチェーンの隙間（すきま）も良く掃除する。

⑶　圃場の準備と刈り取り計画

出穂後の適切な期間、間断潅水などにより登熟向上や倒伏防止を図るとともに、生育期には溝切り、中干しなどを行い地耐力の確保に努める。コンバインは接地圧が小さく、湿田でも走行できるが、田面が軟らかすぎると走行が困難となるか、作業能率が低下するほか、圃場表面を過度に練り返して透水性を極端に劣化させる。

品種の熟期構成、乾燥機や調製・選別機の能力、作業人員、天候などを総合的に判断し、適

期に刈り取りが終わるように計画を立てる。作業計画にはゆとりをもたせ、作業事故を未然に防止することも重要である。

⑷ 収穫作業

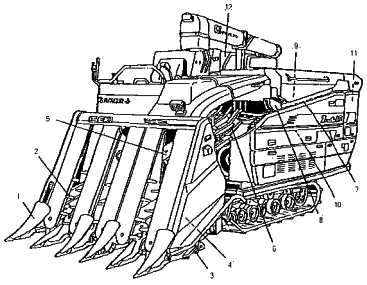
1) 高水分時の収穫

収穫時の籾水分は高く、ばらつきが大きい。汎用コンバインで高水分収穫を行うときは、送塵弁、シーブの目開きなどを調整し、選別・分離機能が低下しないようにする。自脱コンバインも汎用コンバインもチェーンやベルトが緩んでいると傷籾の発生や選別不良が懸念されるので、作業前にテンションスプロケット（プーリ）の張り具合を確認し、必要があれば調節する。適正状態は取扱説明書で確認する。

脱穀選別損失の量は収穫する作業時刻によっても異なる。朝露があると、わら、穂切れなどの付着や引っかかりが多く、網目が詰まって籾の漏下が悪くなり、機外への飛散や傷籾の発生が多くなるので避ける。

2) 倒伏した稲の収穫

自脱コンバインは、株元をフィードチェーンで挟んで把持し、扱ぎ胴に穂の部分を入れて脱穀する。掴みしろを必要とし、適応可能な草丈（稈長+穂長）は55cm以上130cm程度である。草丈70cm以下の場合は、刈り高さを地際すれすれに低くし、120cm以上の場合は高刈りして、扱ぎ深さを一定に保つようにする（図Ⅷ－27）。

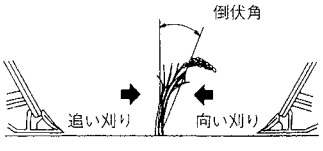


①ディバイダ
②引き起こし装置
③刈り取り装置
④株元搬送チェーン
⑤穂先搬送チェーン
⑥縦搬送チェーン
⑦フィードチェーン
⑧レール
⑨自脱装置
⑩選別装置
⑪カッタ
⑫穀粒タンク

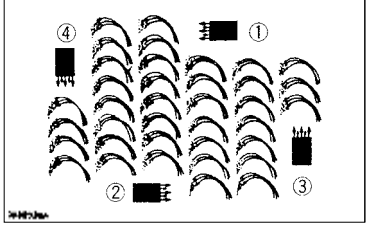
図Ⅷ－27　自脱コンバインの構造

倒伏した稲はわらが弱くて切れやすく、扱ぎ室でのわら屑の発生が多く脱穀部が詰まりやすい。また、引き起こし装置の爪に掛かる負荷が増加し、搬送部で稲が乱れて穀粒損失が増大するなどの問題が生ずる。自脱コンバインで稲の倒伏角が60度以内の場合、作業速度0.5～0.8m/sであれば、どの方向からでも刈り取りが可能である。

しかし、さらに倒伏角が大きくなると刈り取り方向によっては収穫損失が多くなり、作業速度も遅くしなければならない。この場合、



倒れぐあい ＼ 刈る方向は	完全倒伏の場合	中倒伏の場合	立毛倒伏の場合
①追い刈り	△	○	◎
②向い刈り	×	△	○
③左倒伏刈り	△	△	○
④右倒伏刈り	×	△	○



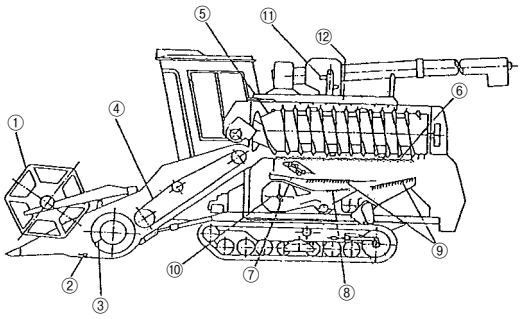
◎…刈取りOK　○…注意しながら刈取る
△…注意しながらゆっくりと　×…刈取り困難

図Ⅷ－28　自脱コンバインの倒伏稲への適応

（追い刈りと向かい刈り方法：農機メーカー　自脱コンバイン取扱い説明書）

作業能率が大幅に低下するとともに、穀粒損失も急激に増加することがある（図Ⅷ－28）。

汎用コンバインでは、稲をリールで引き寄せながら作業するため、倒伏した稲でも比較的自由に作業方向を選択できる（図Ⅷ－29）。



①リール
②刈刃
③オーガ
④チェーンコンベヤ
⑤脱穀シリンダ（スクリューロータ）
⑥受け網
⑦グレンパン
⑧グレンシーブ
⑨チャフシーブ
⑩選別ファン
⑪バケットコンベヤ
⑫グレンタンク

図Ⅷ－29　汎用コンバインの構造

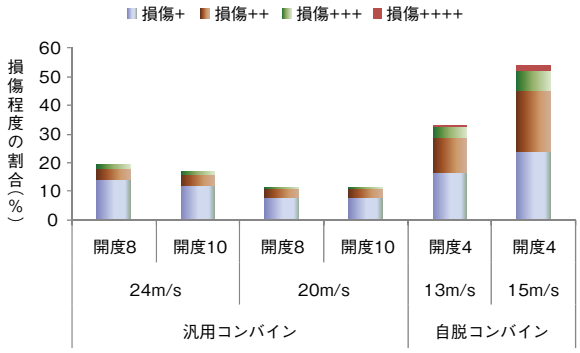
3)　収穫による籾の損傷を防ぐ

脱穀部のわら量が突然少なくなった場合や扱ぎ胴（シリンダ）の回転数が高い場合など、完熟した籾に過大な摩擦や衝撃力が加わったときに脱ぷ（籾殻が外れること）が発生しやすくなる。脱ぷ粒がわずかであっても混入すると収穫後の工程で品質、食味の低下を起こす原因になるので、収穫時にはグレンタンク中の脱ぷの有無を時おり観察して作業する。通常の発生割合は自脱コンバインで0.1％、汎用コンバインで0.1～1.0％程度である。規定のシリンダ回転速度を守ってわらや穀粒の流れが急激に変化しないように心がける。特に、旋回する場合などに回転を下げたり、脱穀クラッチを切ったりせず、脱穀作業中、エンジン回転数を常にフルスロットルで維持する。

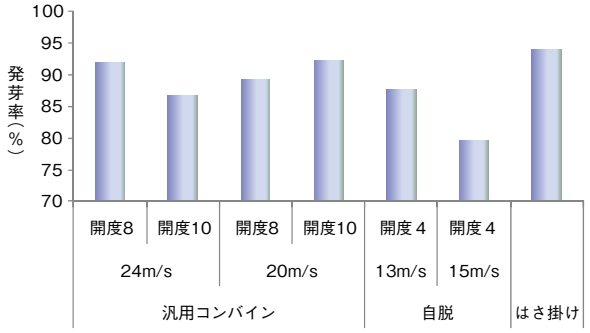
生籾は物理的衝撃によって傷が付きやすく、中の玄米も損傷を受けやすい。籾が損傷を受けると腐敗や乾燥時の胴割れ粒発生の要因となり、品質低下につながるので収穫に当たって留意すべきである。

自脱コンバインで傷籾を発生させないためには、①扱胴（シリンダ）回転数を指示回転数にする、②必要以上に扱ぎ深さを深くせず、扱ぎ残しがない程度に浅くする、③排塵調節を適正にするため風量調節を行う。扱ぎ深さを浅くするのは､深くすると扱室内のわら屑が多くなり、傷籾、脱ぷ粒が生じやすくなり、所要動力も増大するからである。

汎用コンバインは脱穀機構が自脱コンバインと異なり、作業時のシリンダ周速度は自脱コンバインよりも大きく､グレンタンク内の穂切れや枝梗付着粒割合は多いが､籾の損傷は少ない。籾及び玄米への損傷が少ないため低温での発芽率や苗立ち率の低下が少ない特徴がある（図Ⅷ－30、図Ⅷ－31）。この特徴を活かして直播用の種子の収穫に利用する技術が確立され、脱ぷ粒の発生が少なくなる利用条件などが整理されている。



図Ⅷ－30　機種別の籾損傷程度
（中央農試 2010）



Ⅷ－31　機種別の脱穀条件と低温発芽率
（中央農試 2010）

4)　その他の注意

圃場内で倒伏しているところ、登熟が遅れているところの稲はその他の稲と一緒にすることで品質低下を招くおそれがあるので別刈りする。褐変穂やいもち病発生のあった場所も同様である。生籾のまま長時間放置すると玄米が変色するので収穫した生籾は速やかに乾燥機にかける。

収穫前には圃場毎の作付け品種を確認し、異品種混入を避ける。コンバインは品種が切り替わる時はよく清掃する。また、刈り取りの時、泥や石などが入らないよう注意する。

コンバインによる傷害事故は、作業中にわらやわら屑などの詰まりや引っかかりを除去する際に多く発生している。このような場合はエンジンを止めてから整備を開始する必要がある。

⑸　乾　　燥

乾燥は、籾の品質を損なわずに貯蔵可能な水分まで低下させることが目的である。主要穀物の出荷時水分の上限は農林水産省の農産物検査規格で定められており、玄米の上限水分は15.0％である。

また、収穫後、乾燥終了までの過程で不適切な処理を行うと製品である米の外観品質や食味を損なうこともある。米の食味を低下させず、品質の高い「商品」として出荷するには注意すべき基本事項がある。

1)　乾燥前の貯留

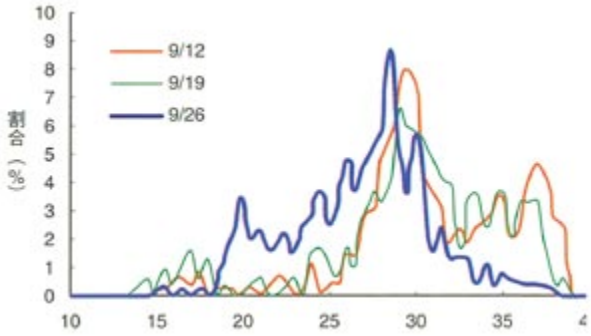
収穫後の籾は水分が高いほどそのまま貯留すると異臭の発生や発芽率低下による品質の劣化を起こしやすく、速やかに乾燥する必要がある。

2)　乾燥前後の籾水分

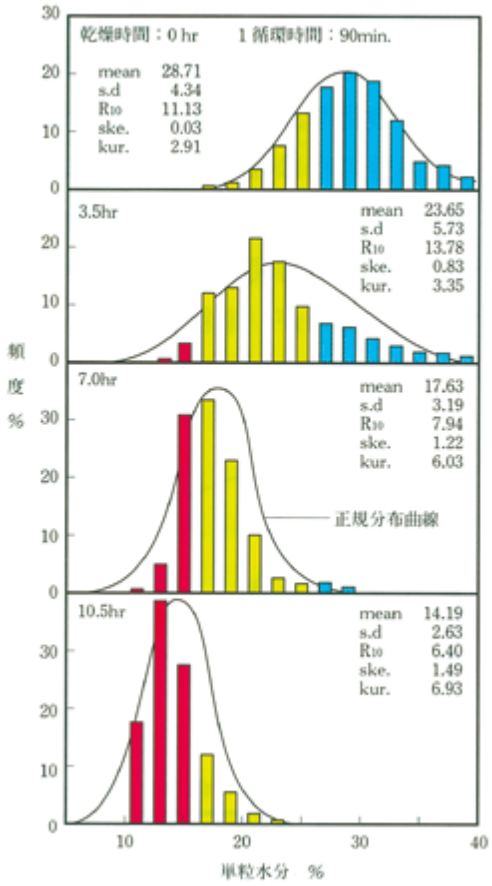
籾の成熟期は株毎の出穂時期、１株内での出穂時期、１穂内での開花時期などにより、30日ほどの差が生ずると言われている。その結果、１穂中の粒別水分はばらつきが大きく、圃場における籾の単粒水分のばらつきは更に大きい。成熟期の圃場における籾の単粒水分の分布幅は収穫適期といわれている成熟後０～５日頃に最も大きくなる（図Ⅷ－32）。水分の大きく異なる籾を一定の水分に仕上げ、品質の良い米に乾燥するためには、一粒毎の籾の状態を考慮に入

れた合理的な乾燥を行うことが必要である。

一般に乾燥の経過とともに、単粒水分の分布は低水分側に移り、分布幅が狭くなる（図Ⅷ－33）。



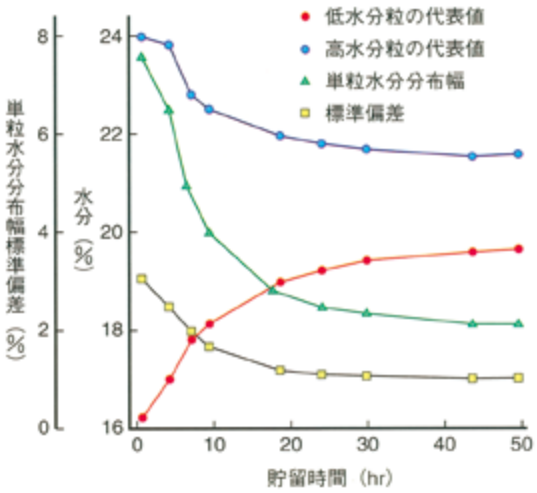
図Ⅷ－32　コンバイン収穫籾の単粒水分分布（中央農試）



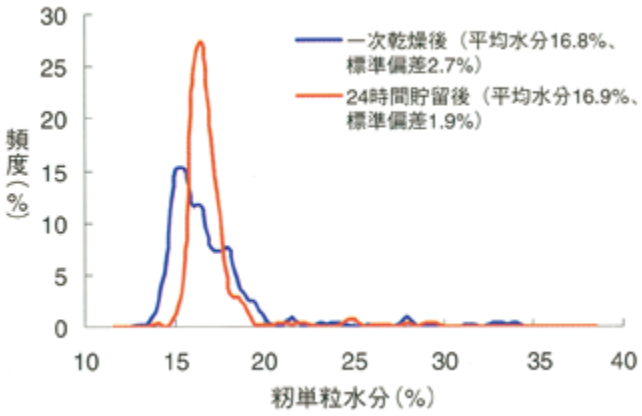
図Ⅷ－33　乾燥中の籾単粒の水分分布（笠原ら）

3)　乾燥途中の貯留（テンパリング）の水分特性

乾燥途中に貯留を行うと高水分粒から低水分粒への水分移動が行われ、水分のバラツキが減少する。水分約20％の籾を35℃の定温器で密閉貯留した場合の水分経過を見ると、高水分の籾は放湿し、低水分の籾は吸湿するため水分のばらつきが小さくなる。粒間の水分移行は概ね24時間で85％が完了し、2日間で平衡に達する（図Ⅷ－34）。一次乾燥終了後（平均水分16.8％）の籾を約24時間貯留した後の籾の単粒水分分布を見ると、貯留により平均水分に変化は認められないが、単粒水分の分布幅が狭くなる（図Ⅷ－35）。これを応用したのが二段乾燥である。



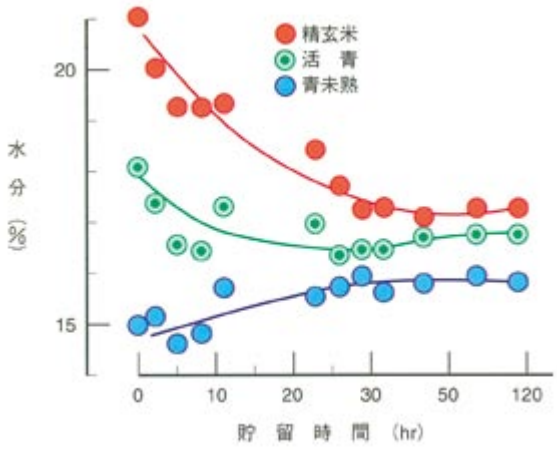
図Ⅷ－34　貯留中の粒間水分移動



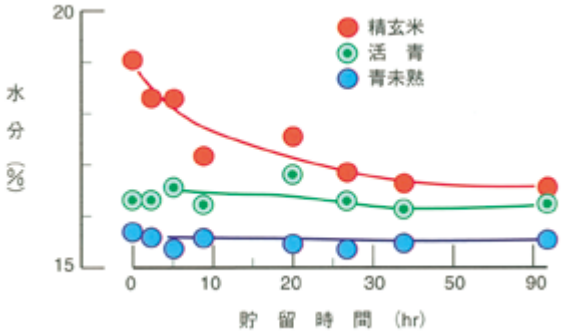
図Ⅷ－35　貯留時の単粒水分分布の変化
（中央農試）

4)　二段乾燥

循環式乾燥機において水分のばらつきをできるだけ解消する上で有効な方法が二段乾燥である。二段乾燥は高水分粒と低水分粒間の水分移行を促す方法である。乾燥終了時点での精玄米と青未熟との水分差は２～４％であり、時間の経過とともにわずかではあるが差が縮まり、全体的に水分が減少する。特に、精玄米に注目するとどちらの年も水分が戻ることはなく、むしろ低下する。つまり、放冷後の水分の戻りが起こらないので目標水分どおりに乾燥を終了させることができる。一次乾燥終了時の水分の目安は、高水分では変質する危険性があり、低水分では低水分粒の過乾燥が避けられないため、18％程度である（図Ⅷ－36、図Ⅷ－37）。なお、休止中の青米の水分変化等から判断すると、休止時間は24時間以上とするのが望ましい。



図Ⅷ－36　一次乾燥後の水分変化
（山形農試）



図Ⅷ－37　二段乾燥後の水分変化
（山形農試）

5) 胴割れと食味

胴割れ米は検査等級格下げの原因となるだけでなく、精米時には砕米の発生原因となり、食味にも悪影響を及ぼす。砕米の混入率の高い米飯は外観、粘りが劣り、食味総合評価が低下する。

胴割れは籾の乾燥速度や玄米の吸湿速度が早い時に発生する。乾燥速度を高めると、粒の内部と外部との水分差によってひずみが生じ、胴割れが発生する。熱風乾燥では毎時乾減率が0.8% /hを超えると胴割れの発生が多くなり、その発生は立毛時の胴割れの発生が多いほど多くなりやすい。また、乾燥温度が高いほど、同じ乾燥温度でも籾水分が高く、入気湿度が低いほど胴割れは発生しやすい。したがって晴天日など空気が乾燥している日では曇天日よりも乾燥速度が速くなるため、熱風温度を下げる必要がある。張り込み量が少ない場合には、満量張り込み時よりも乾燥速度が速くなるので熱風温度を低く設定する。また、立毛時に胴割れが発生している場合は、軽胴割れが乾燥によって重胴割れへと進行しやすいので、このような場合には、毎時乾減率を0.5～0.6%程度になるよう乾燥温度を低く設定する。テンパリングを行うと貯留中に粒の内部から外部へ水分移行が行われるため、連続乾燥に比べて胴割れの発生が少なくなる。

表Ⅷ－33　胴割れ米の定義と分類

1．胴割れ米の定義　胴割れ粒とは、玄米の胚乳部に亀裂の生じている粒をいう。
2．胴割れ粒の分類
①　軽胴割れ粒…精米上の影響が少なく、政府の買入検査の際に被害粒として計数されない程度の胴割れ粒
②　重胴割れ粒…検査の際に被害粒として計数される程度の粒
③　全胴割れ粒…軽胴割れ粒＋重胴割れ粒

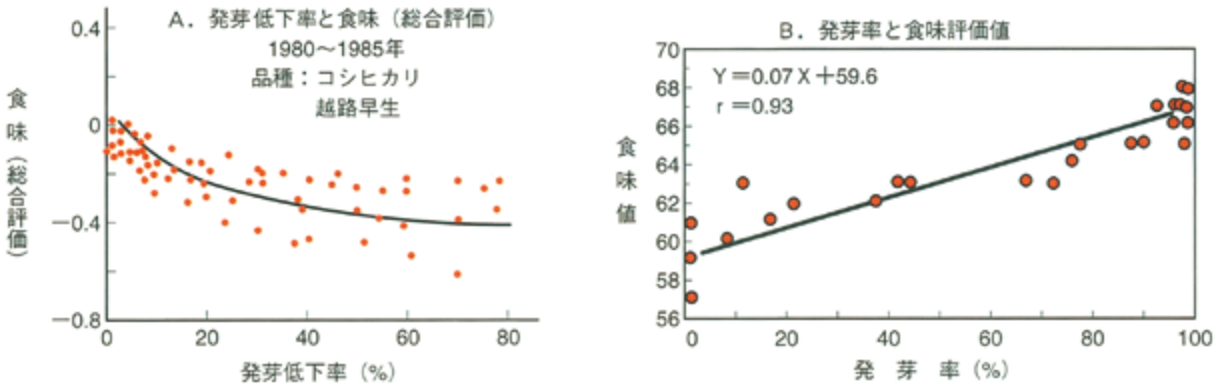
6) 過乾燥と食味

過乾燥米は米粒が硬いため、搗精時には搗精むらや砕粒の発生が増加するほか白度も低下する。過乾米を搗精した精米を水に浸漬すると玄米水分が低いほど表面亀裂が多く発生する。その結果、過乾燥米は砕米率が低くても、炊飯時に澱粉の溶出が多くなり、食味が低下する。また、過乾燥で硬い玄米は糠層の除去が不十分となりやすく、炊飯時に糠臭が発生する場合もある。

北海道米は青米の混入率が高く、１粒毎の籾水分を均一に乾燥するのは大変難しい。乾燥時に籾水分の測定を行うが､青米や屑米を混入して水分を測定すると水分は高く表示されるため、これらを除いた精玄米で測定しなければならない。過乾燥防止の決め手は、原料籾を良く選別し、水分差を小さくすることである。このためには、圃場の生育むらを極力なくし、水口や倒伏している場所を区別して収穫を行い、出来るだけ水分が均一となるように配慮する必要がある。

7)　発芽率と食味

発芽率は種子用では高いことが必須であるが､食用であっても発芽率が食味との関係があり、発芽率の低くなった米の食味が低下することが知られている（図Ⅷ－38)。初期水分が高いほど低い温度で乾燥しないと発芽率は低下するので、食味も低下する恐れがある。水分25％程度の籾では40℃以内の送風温度で乾燥する必要がある。



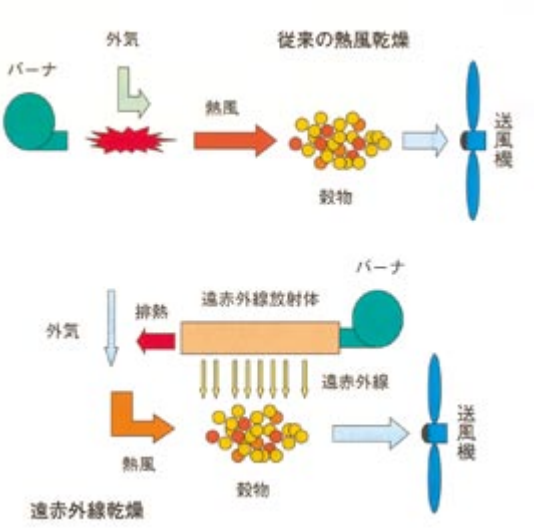
図Ⅷ－38　籾の発芽率と食味

8)　乾燥機のいろいろ

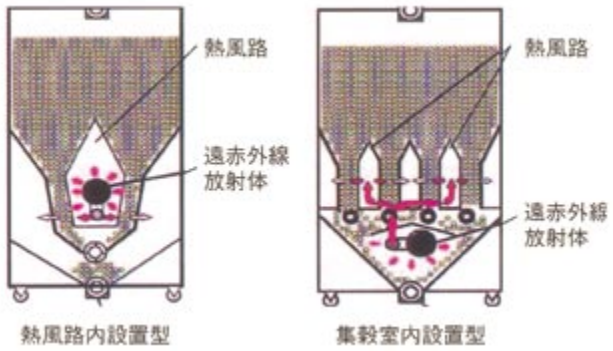
ア　遠赤外線乾燥機

品質維持と、より効率的でエネルギコストの低い乾燥システムとして開発された遠赤外線乾燥は近年、籾乾燥の主流となりつつある。遠赤外線は穀物内の水分に吸収されやすいエネルギであり、遠赤外線放射エネルギ量は、放射体温度の４乗に比例する。この原理を利用し、バーナで放射体を加熱し、遠赤外線を放射させ乾燥を行うのが遠赤外線乾燥機である。また、放射体から排出される排熱で加温した熱風も乾燥エネルギとして利用することにより、エネルギ効率の向上を図っている。遠赤外線乾燥では、穀物水分の除去に必要なエネルギが送風される空気を媒体とせずに穀物へ伝達されるため、送風量を少なく設計できる。遠赤外線乾燥機は放射体の設置位置により、熱風路内設置型と集穀室内設置型に大別される（図Ⅷ－39、図Ⅷ－40)。遠赤外線の照射範囲は１cm程度であるため、集穀室内設置型では穀物を薄い層で流下させ、むらなく全粒に遠赤外線を照射する。遠赤外線乾燥の効果として、燃料および消費電力量の節減効果があり、容量約30トンの遠赤外線乾燥機による乾燥例を示した（図Ⅷ－41)。

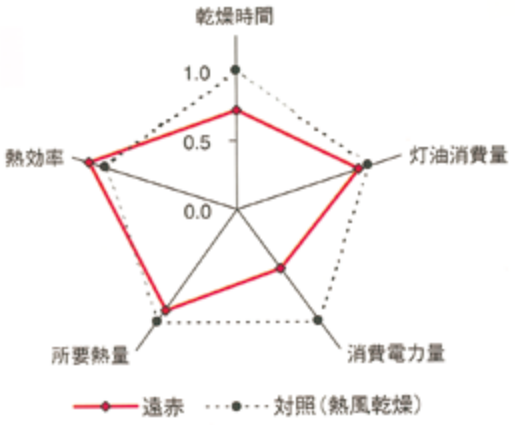
遠赤外線乾燥機は熱風乾燥機よりも乾燥時間が約30％短縮され、灯油消費量は10％程度、消費電力量は40～50％程度削減される。これは遠赤外線乾燥では穀温の上昇が早く穀物内の水が蒸発されやすくなるためである。また、遠赤外線乾燥のメリットとして胴割れ発生の軽減がある。容量が同じの遠赤外乾燥機と熱風式の循環式乾燥機による胴割れ率を比較した（図Ⅷ－42)。



図Ⅷ－39　遠赤外線乾燥の模式図



図Ⅷ－40　遠赤外線乾燥の種類

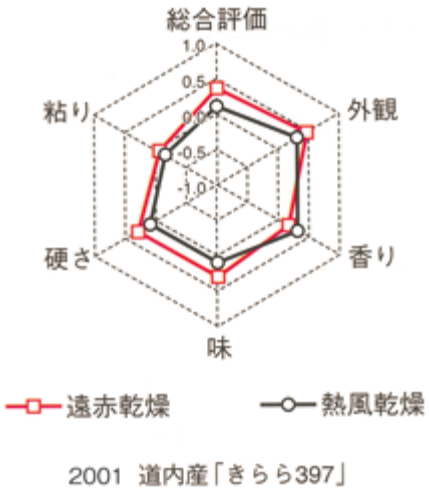


図Ⅷ－41　遠赤外線乾燥の省エネ効果

図Ⅷ－42　乾燥条件と胴割れ率

立毛胴割れが多い原料での試験結果であるが、前述のように胴割れは乾燥速度を高めると発生しやすいのに対し、遠赤外線乾燥は循環式乾燥機よりも乾燥速度が早い場合でも、胴割れの発生が少ない。また、遠赤外線乾燥した米の食味は熱風乾燥と同等もしくは若干優ると評価される場合が多い（図Ⅷ－43）。

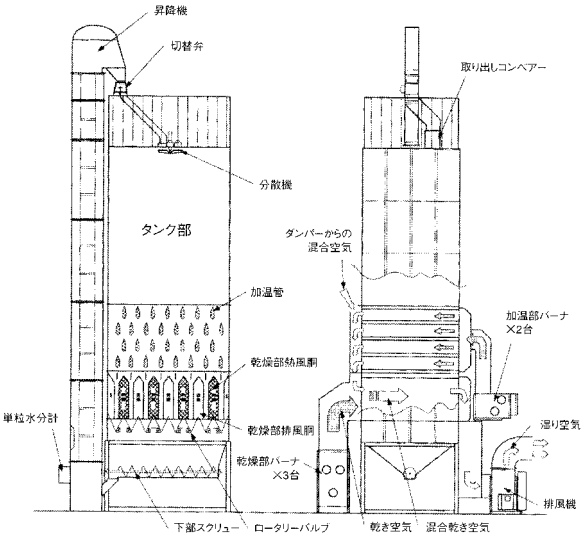
その他、遠赤外線乾燥機には送風量を少なくできること、バーナの燃焼を放射体内部で行うため騒音が低減するなどの利点がある。



図Ⅷ－43　乾燥法と食味

イ　加温部管を利用した乾燥方式

遠赤外線乾燥機と同様に、穀温を効率よく上昇させ、水分が蒸発しやすい状態にしてから、低温少風量で乾燥を行う方式の加温部を設けた乾燥機がある。この方式ではバーナにより加熱された加温管からの伝導熱と加温管から放射される放射熱（遠赤外線）、および対流熱（熱風）を利用して乾燥する（図Ⅷ－44）。この方式も遠赤外線乾燥機同様に燃料および消費電力量の節減効果、音の低減効果がある。



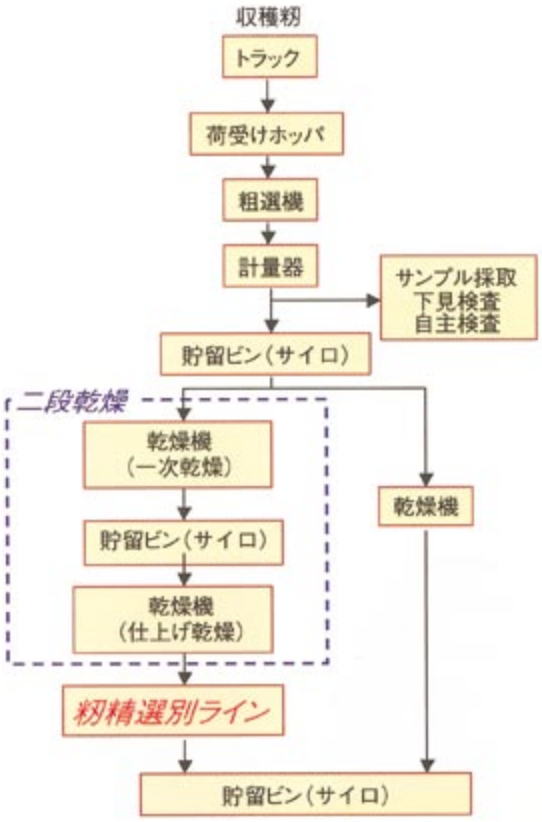
図Ⅷ－44　加温管方式の乾燥機

ウ　合理的な乾燥制御

近年、乾燥中の穀物水分や穀温、熱風温度を随時測定しながら制御する乾燥機が普及している。高水分時には熱風温度を低めにし、水分が減少するにつれて熱風温度を高める逐次昇温乾燥法や、高水分時および胴割れの危険性の高い低水分時には熱風温度を低くし、品質面からみて安全な水分域では熱風温度を上げる高低水分域規制乾燥などがある。

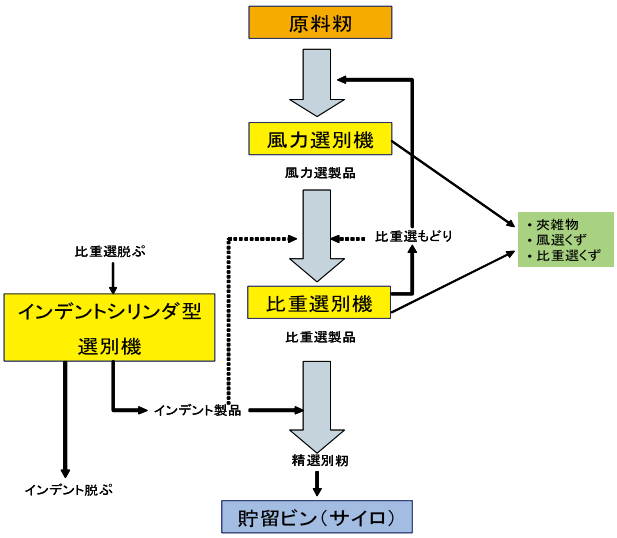
エ　共同乾燥調製施設（カントリーエレベータ）における乾燥と貯蔵前の籾精選別

代表的な共同乾燥調製貯蔵施設の荷受けから乾燥終了までの選別調製ラインを示した（図Ⅷ－45）。乾燥調製施設で荷受けされた籾は、粗選機により夾雑物を除去した後、計量を行い、貯留ビンに一時貯留する。この途中で、サンプルを採取し、籾の自主検査を行う。粗選機は金網式の回転選別円筒（スカルパ）と吸引選別ファン（アスピレータ）を併用したものが大半である。粗選機の毎時処理量は20～30t/hで、複数台を装備し、荷受量の低下防止を図っている。乾燥機の容量とほぼ同量の籾が貯留ビンに溜ると乾燥を開始する。荷受けした籾水分が低い場合は仕上げ水分まで乾燥し、乾燥を終了させる。水分が高い場合は二段乾燥を行う。一次乾燥で水分18％程度まで乾燥した後、貯留ビンで１次貯留を行い、籾水分のバラツキを少なくした後、仕上げ乾燥を行う。二段乾燥は籾水分の均一化のほかに途中で乾燥を止めることにより荷受け量の増加が図れる利点がある。



図Ⅷ－45　共同乾燥調製貯蔵施設における荷受けから乾燥終了までの選別調製ライン

乾燥が終了した籾は貯留ビンあるいはサイロに貯蔵される。乾燥を終了した籾の中には、稲わらや異種穀粒、石礫や金属片などの異物や未熟粒、被害粒、脱ぷ粒や砕粒やしいなが混入しているため、長期間の籾貯蔵前には、製品内に混入する異物の除去、製品の品質向上、籾摺り歩留の向上、貯蔵施設の効率向上などの目的で籾の精選別が行われている（図Ⅷ－46）。籾摺りラインにはこれらを除去する選別機が装備されていないため、搗精前には必ず実施することが重要である。

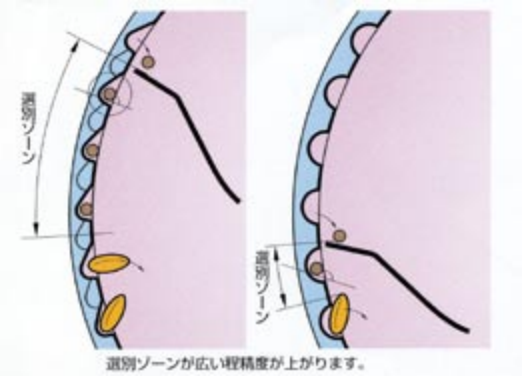


図Ⅷ－46　共同乾燥調製・貯蔵施設における貯蔵前の籾の精選別調製ライン

籾の精選別ラインではまず、風力選別機でしいなやわらなどの夾雑物を除去する。その後、比重選別機により脱ぷ粒・砕粒、しいな・未熟粒・被害粒と精籾の３区分に選別する。比重選別機で比重の重い方に大半の脱ぷ粒や砕粒、石礫が集まる。インデントシリンダ型によっても選別機により脱ぷ粒や砕粒、石礫の選別を行うが、比重選別機に比べ、インデントシリンダ型選別機の処理量は低い。つまり、最初に大量の籾をインデントシリンダ型選別機に流し、脱ぷ粒や砕粒、石礫の除去を行っても、その選別精度は低いため、比重選別機による選別を先に行う方が望ましい。比重選別機とインデントシリンダ型選別機で選別した精籾は貯留ビンやサイロに貯蔵する。

比重選別機は比重と空気抵抗の差を利用した選別機で、特殊なスクリーンを貼ったデッキ（またはデック）とファン、デッキを振動させる振動モータで構成されている。送風機はダンパで風速が設定でき、整流格子を通してデッキ上に風が出る機構である。デッキ上の穀粒に浮遊速度に近い風速の風を当てると穀粒は流動層の状態となり、デッキ上で比重と空気抵抗の差により層状に分離する。層の中で重く充実した穀粒は層の下に沈み、未熟な軽い穀粒や形が小さな穀粒は層の上に浮き上がる。デッキを縦横に傾斜させ、凹凸のあるデッキを振動させると、層の下に沈んだ穀粒は傾斜の上方に移動し、層の上の穀粒は傾斜の下方へ移動する。積層した穀粒を振動により分離するにはデッキの大きさ、つまり選別距離と幅が重要である。比重選別機では軽い穀粒は屑口へ、重い穀粒、脱ぷ粒や、砕粒、石礫などは製品口へと移動し、選別することができる。

インデントシリンダ型選別機は、回転するシリンダの内面にくぼみ（インデント）があり、粒の長短によってくぼみへの収まり方が異なるため、くぼみの形状とシリンダの遠心力のつりあいから落下する位置に違いが生じることを利用する選別機である。選別程度はシリンダの内側にあるキャッチトラフ（またはトローフ）と呼ぶ樋の選別エッジ（リーディングエッジまたはカッティングエッジ）の位置を変えることで調整する。選別したい短粒がシリンダ



図Ⅷ－47　インデントシリンダセパレータ（HYDE社）

の最上部まで持ち上げられるように回転数を調整すると精度や処理能力が最大となる。シリンダの周速度が速くなると粒が遠心力でくぼみから離れなくなり、トラブルの原因になる。また、選別用シリンダ全長の90％ぐらいのインデントポケットに穀粒が入る状態で運転効率が高いため、供給過多にならないよう流量を調整する（図Ⅷ－47）。

オ　乾燥機の点検

乾燥機内部に付着した残存物は細菌やカビの発生源となり、また別の穀物を乾燥する際の異種穀粒の原因となることから、排出が終わったら必ず取り扱い説明書の手順を読んで清掃して除する。目標乾燥水分で乾燥を終えるために、乾燥機に内蔵されている水分計の特徴を把握し、適宜補正をする。また、些細な故障が火災などの思わぬ事故につながることもあるため、定期的な点検を行うことが重要である。

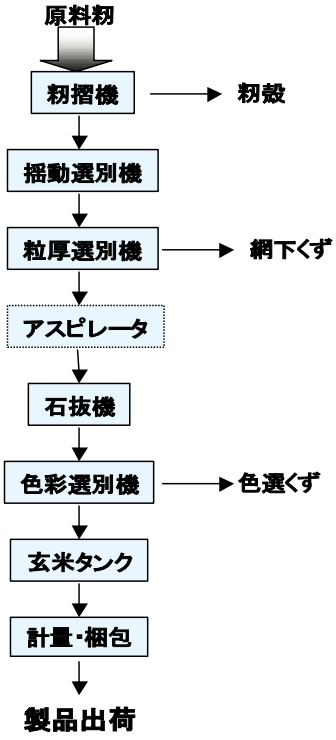
(6) 調　　製

1) 籾摺り

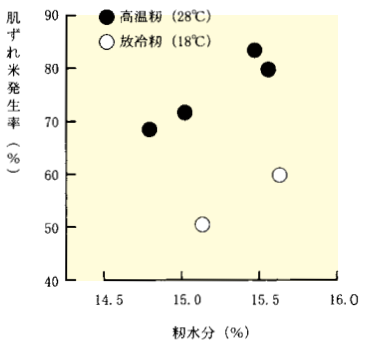
良質米生産の最終工程として、籾摺り、選別作業は重要で、玄米を傷めず整粒歩合を高める調製を行うことが重要である。代表的な籾摺り、選別調製ラインを示した（図Ⅷ－48）。

ア　籾摺り

籾摺りは籾摺り機で行う。ゴムロール式籾摺り機のほか、最近は衝撃式のインペラ式籾摺り機の使用も増えている。ゴムロール式は、小形から大形まで種々の処理能力の機種が製造されており、インペラ式は農家用の小形機が大半である。インペラ式は、脱ぷ率が高いこと、やや水分の高い籾にも使用できるなどの特長がある。ゴムロール式では、ロール間隙によって脱ぷ率が変化し、ロール間隙が狭いと脱ぷ率は良くなるが、玄米表面に傷が付く肌ずれ米が生じ、品質の劣化の原因となる。一方、ロール間隙が広いと脱ぷ率が悪くなり、処理能力が低下する。そこで、ロールの回転数と間隔、籾流量を調整し、脱ぷ率が80～90％になるように設定する。この調製方法は、異径ロール式籾すり期機の場合、摩耗量を考慮しながら基準の間隙値より少しずつ広くするように、同径ロール式では、ロール間隙をやや狭めるようにし、主軸と副軸のロールを入れ替え、周速度差率の変化を少なくして肌ずれ米の発生を抑制するように行う。ゴムロールが片減りしていたり、ゴムの厚さが新



図Ⅷ－48　籾摺り、選別、調製ライン



図Ⅷ－49　籾温度と肌ずれ米発生率

品の４分の１以下まで減っている場合は、直ちに新品と交換する。また、籾摺り機の振動が激しい場合も砕米が発生するので定期的に各部の締め付けを行う。

肌ずれ米は吸湿しやすく、カビの被害を受けやすいので貯蔵性が劣る。肌ずれ米は、その大部分が籾摺り機のゴムロールによる搗精時に発生する。同じ籾摺り機を使っても、籾の温度が高いと肌ずれ米発生率が高くなる（図Ⅷ－49）。

玄米水分を安定させるため、乾燥終了後５～７日間程度の調湿期間を置き、籾温度が低下してから籾摺りを行うことが望ましい。また、ライスグレーダで選別する時はシリンダ篩の回転数と、傾斜に注意して肌ずれが発生しないようにする。

2)　選　　別

米の充実度は玄米の粒厚と相関が高く、粒厚選別機によって粒厚の小さい未熟粒、死米などを除去して整粒割合を増加させ、玄米の品質を向上させる。

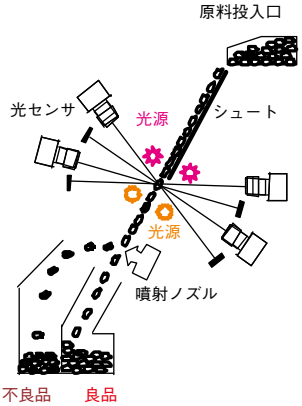
ア　粒厚選別機

従来使用されていた横形回転篩選別機にかわって､縦形回転篩選別機が急速に普及している。長所は、シリンダ全面で選別作用が行われるのでシリンダを短くでき、縦形であるため設置面積が小さく、狭い場所でも使用が可能であることが挙げられる。また、電子秤を利用して装置の上部に運ばれた穀粒を連続的に計量・袋詰め作業を行うことができる。回転篩選別機の場合は網目筒の回転数を上げすぎると、肌ずれが生じることがあるので、指定された回転数で使用することが大切である。

縦線米選機の場合は線間を米粒にあわせ、各線の間隔が一定にすることが大切である。傾斜は玄米の走り方を見て間隔を調整し、玄米の流量は有効幅一面に一粒ならびに流下する程度とする。

イ　色彩選別機

色彩選別機はシュートを流れる玄米に光を当て、着色粒（斑点粒）、未熟粒、被害粒、死米、砕粒や石、ガラス、プラスチック、金属片などの異物を選別する。個人利用では数チャンネルの色彩選別機が使用されているが、北海道のカントリーエレベータなどの選別調製施設では数百チャンネルの色彩選別機が使用されており、全ての玄米の選別に利用されている（図Ⅷ－50、写真Ⅷ－10）。



図Ⅷ－50　色彩選別機の選別方法

写真Ⅷ－10　色彩選別機の外観

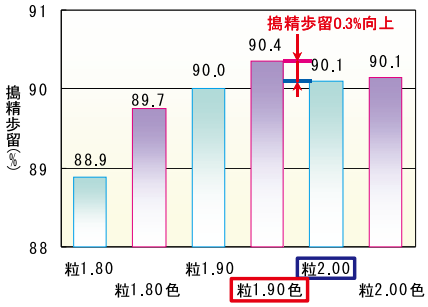
ウ　粒厚選別機と色彩選別機の組み合わせによる歩留・検査等級・整粒割合の向上

北海道の米の共同乾燥調製施設や農家では、籾摺り後の玄米の選別は、従来から粒厚選別が行われている。この粒厚選別では粒厚の小さい未熟粒や死米などを除き、整粒割合を増やし、玄米の品質を向上させる。

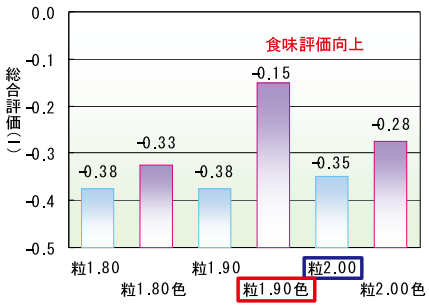
粒厚選別を行う際、網目サイズが1.90mmの篩を使用していた。最近は、品質の良い米を生産するために、目幅を大きくする傾向にある。その結果、現在の標準的な篩の目幅は、「きらら397」では2.00mm、「ほしのゆめ」では1.95mmとなっている。しかし、目幅を2.00mm（または1.95mm）と大きくしても、１等玄米を調製できない場合もあり、そのような時には、さらに大きな目幅で選別する例もある。近年は整粒割合を高くして１等玄米の出荷比率を高めるために、網目サイズを大きくする傾向にある。このように篩の目幅を大きくすると、歩留まりが低下し、網目下（選別くず）に整粒が除去され、生産者にとって損失が大きくなる。

北海道では米の乾燥調製貯蔵工程の合理化と高品質で均質な大ロットの北海道産銘柄米の確立を目的に、1996年以降、カントリーエレベータの建設が進んでいる。このような最新の大型施設では、玄米から異物（小石等）や着色粒を除去するために、粒厚選別の後に色彩選別を行う例が増えている。そこで、現在の粒厚選別の篩目幅を0.1mm小さくし、「きらら397」では1.90mm、「ほしのゆめ」では1.85mmで選別した後、色彩選別機により未熟粒や着色粒などをしっかり取り除くことで製品玄米の品質や歩留向上の検討が行われている。

すなわち、高品質米（１等米）の調製と歩留の向上とを同時に実現するために、粒厚選別と色彩選別とを組み合わせた新しい玄米選別技術である。現行の粒厚選別の篩の目幅を0.1mm小さくして、「きらら397」では1.90mm、「ほしのゆめ」では1.85mmで選別し、その後色彩選別機による選別を行った結果、歩留が４～11％増加、検査等級が向上し１等となった、整粒割合が0.1～３％増加、搗精歩留が0.2～0.3％増加、食味評価がわずかに向上するなどの良好な結果を得ている（図Ⅷ－51、図Ⅷ－52、表Ⅷ－33）。



図Ⅷ－51　搗精歩留
（北大・中央農試 2002）



図Ⅷ－52　食味試験の総合評価
（北大・中央農試 2002）

表Ⅷ－33　粒厚選別機と色彩選別の組み合わせによる歩留・検査等級、整粒割合の向上

（北大・中央農試 2002）

試料	色彩選別の有無	歩留（%）			検査等級			整粒割合（%）		
		粒厚選別の篩の目幅			粒厚選別の篩の目幅			粒厚選別の篩の目幅		
		1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm
2001年北村産きらら397	色選なし	97.3	94.1	84.0	等外	等外	3（中）	73.4	74.9	78.4
	色選あり	88.2	88.2	81.5	1（下）	2（上）	2（上）	80.6	80.8	79.3
2002年北村産きらら397	色選なし	98.5	95.9	84.5	3（上）	2（下）	2（中）	70.6	72.3	75.8
	色選あり	89.6	89.5	81.9	1（下）	1（下）	1（下）	75.5	75.9	75.9
2002年長沼産きらら397	色選なし	98.1	92.5	72.3	等外	等外	3（下）	74.0	76.4	81.8
	色選あり	84.9	83.6	67.3	1（中）	1（中）	1（中）	85.6	84.6	85.3
		1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm
2001年美唄産ほしのゆめ	色選なし	97.5	94.1	79.7	3（下）	3（中）	2（中）	68.7	69.8	75.2
	色選あり	85.9	85.6	76.9	1（下）	1（下）	1（下）	77.5	78.1	77.0

（道総研中央農業試験場生産研究部長　竹中秀行）